

UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

FACULTAD DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

Profesor Patrocinante: Patricio Álvarez M. Ph.D.



**BENEFICIOS DE LA DISEMINACIÓN DE
INFORMACIÓN DE TRÁFICO A LOS
USUARIOS DE SISTEMA DEL
TRANSPORTE URBANO**

Proyecto de Título presentado en conformidad a los requisitos para obtener el
Título de Ingeniero Civil

FELIPE ANDRÉS VENEGAS GUZMÁN

Concepción, Enero 2015

A mi abuela Elba Guzmán Rosas (Q.E.P.D), madre Alicia Guzmán Guzmán y tía Anita Guzmán Guzmán, por todo el apoyo, cariño y confianza incondicional en este periodo universitario.

AGRADECIMIENTOS.

Quiero agradecer a mi familia por todo lo entregado durante estos años de vida universitaria, en especial a mi madre y tía por toda su ayuda y amor entregado ya que gracias a ellas y a la formación que recibí de su parte puedo estar en esta instancia.

Además quiero agradecer de manera importantísima al Profesor Patricio Álvarez por todo su apoyo, por confiar en mí, por brindarme excelentes oportunidades para adquirir más conocimientos de la ingeniería de transporte y finalmente por todo lo que me enseñó, su tiempo y disposición fueron un factor muy importante en mi formación

También quiero agradecer a mis amigos y compañeros Cristian Cabrera y María Paz Siegel, que fueron un apoyo súper importante en mi carrera, además de todos esos gratos momentos que vivimos juntos los cuales ayudan a enfrentar de mejor forma todos los desafíos.

Finalmente extender este agradecimiento a todos los profesores y funcionarios del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental por haberme brindado todas las herramientas necesarias para ser un buen profesional.

NOMENCLATURA.

I.T.S: Sistemas Inteligentes de Transporte

P.M: Punta Mañana.

P.T: Punta Tarde.

V.S.T: Valor Subjetivo del Tiempo.

T.V: Tiempo de Viaje.

C.C: Consumo de Combustible.

P.de.M: Penetración de Mercado.

S.T: Sistema de Transporte.

D.I: Diseminación de Información.

V.M.S: Letreros de Mensajería Variable

Palabras = $5498 + 250 * 18 = 9998$ Palabras.

INDICE GENERAL.

| | |
|--|------|
| DEDICATORIA | ii |
| AGRADECIMIENTOS. | iii |
| NOMENCLATURA. | iv |
| ÍNDICE DE FIGURAS. | vi |
| ÍNDICE DE TABLAS. | viii |
| RESUMEN | 1 |
| ABSTRACT..... | 2 |
| 1. INTRODUCCIÓN | 3 |
| 1.1. Justificación del proyecto..... | 4 |
| 1.2. Alcances del proyecto. | 4 |
| 1.3. Objetivos del proyecto. | 5 |
| 1.3.1. <i>Objetivo General.</i> | 5 |
| 1.3.2. <i>Objetivos Específicos.</i> | 5 |
| 2. MARCO TEÓRICO..... | 6 |
| 2.1. Congestión vehicular..... | 6 |
| 2.2. Incidentes de tránsito | 6 |
| 2.3. Impacto asociado a los incidentes de tránsito. | 7 |
| 2.4. Severidades consideradas..... | 7 |
| 2.5. Duración y Frecuencias consideradas | 7 |
| 2.6. Distintos niveles de P.de.M para los usuarios..... | 8 |
| 2.7. Síntesis Estado del Arte | 8 |
| 3. METODOLOGÍA | 12 |
| 3.1. Clasificación de modelos de simulación..... | 12 |
| 3.2. ELECCIÓN DEL MODELO MESOSCÓPICO | 13 |
| 3.2.1. <i>Macrosimulador SATURN.</i> | 13 |
| 3.2.2. <i>Resultados SATURN.</i> | 14 |
| 3.3. Pasos a seguir en Metodología..... | 14 |

| | |
|---|----|
| 3.4. Validación de la Metodología | 16 |
| 3.5. Resultados de Validación de la Metodología | 17 |
| 4. ESTUDIO DE CASO..... | 21 |
| 4.1. Modelo de Transporte | 22 |
| 4.2. Demanda Modelo de Transporte | 23 |
| 4.3. Oferta Modelo de Transporte | 23 |
| 4.4. Codificación red SATURN | 24 |
| 4.5. Análisis de Resultados | 24 |
| 5. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE BENEFICIOS POR CONSUMO, DEMORAS Y EMISIONES | 26 |
| 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 29 |
| 7. BIBLIOGRAFIA | 31 |
| ANEXOS..... | 32 |
| ANEXO A | 32 |
| ANEXO B | 36 |
| ANEXO C | 61 |
| ANEXO D | 65 |

ÍNDICE DE FIGURAS.

| | |
|--|----|
| Figura 1: Clasificación modelos de simulación..... | 12 |
| Figura 2: Redes Teóricas | 16 |

| | |
|---|----|
| Figura 3: C.C, Caso III, 90% de Demanda..... | 17 |
| Figura 4: T.V, Caso III, 90% de Demanda..... | 18 |
| Figura 5: Emisiones CO, Caso III, 90% de Demanda..... | 18 |
| Figura 6: Comparación C.C para 50% y 90% de Demanda | 19 |
| Figura 7: Red Modelo de Transporte..... | 22 |
| Figura 8: Resultados C.C, PM..... | 24 |

ÍNDICE DE TABLAS.

| | |
|---|----|
| Tabla 1: Reducciones de capacidad para distintos incidentes | 7 |
| Tabla 2: Frecuencia de incidentes | 8 |
| Tabla 3: Penetraciones de mercado | 8 |
| Tabla 4: Salidas globales de SATURN | 14 |
| Tabla 5: Comparación flujos para los distintos casos en análisis..... | 20 |
| Tabla 6: Factores de Equivalencia y Flujos Totales | 23 |
| Tabla 7: Reducción de tiempos | 25 |
| Tabla 8: Frecuencia y duración de incidentes | 26 |
| Tabla 9: Probabilidad ocurrencia de un incidente | 27 |
| Tabla 10: Beneficios para las distintas alternativas..... | 27 |

BENEFICIOS DE LA DISEMINACIÓN DE INFORMACIÓN DE TRÁFICO A LOS USUARIOS DE SISTEMA DEL TRANSPORTE URBANO

Felipe Andrés Venegas Guzmán.

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Bío-Bío.
Felveneg@alumnos.ubiobio.cl

Patricio Álvarez M. MSc. PhD.

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Bío-Bío.
palvarez@ubiobio.cl

RESUMEN

Debido a los distintos tipos de incidentes de tránsito que se presentan en las vías, se reduce la capacidad de estas lo que conlleva un aumento de tiempos de viaje, consumo de combustible, emisiones de contaminantes a la atmosfera entre otros. Una forma de mitigar los efectos anteriores consiste en entregar información a los usuarios del S.T sobre la ocurrencia de incidentes de tránsito para que así se pueda modificar sus decisiones de elección de ruta.

La efectividad de esta técnica depende del medio de comunicación utilizado, de las características del incidente y de la disponibilidad de rutas alternativas. Para ello se evalúan los efectos de informar a los usuarios bajo distintos tipos de incidentes y distintas Penetraciones de Mercado (P.de.M) de la información mediante el software de asignación SATURN. En este estudio se realizó una comparación entre la situación sin ITS, en la cual los usuarios no tienen información sobre la presencia de incidentes versus situaciones en la que los usuarios si acceden a información sobre el estado de la red, de esta forma se pueden obtener los cambios en los tiempos de viaje, consumo de combustible y emisiones.

Por último se puede decir que los resultados mostraron que es posible generar ahorros cuando los usuarios acceden a información sobre el estado en que se encuentra la red.

BENEFITS OF THE DISSEMINATION OF INFORMATION OF TRAFFIC TO THE USER OF THE SYSTEM OF TRANSPORT

Felipe Andres Venegas Guzman

Department of Civil and Environmental Engineering, University of Bio-Bio.
Felveneg@alumnos.ubiobio.cl

Patricio Álvarez M.MSc.PhD.

Department of Civil and Environmental Engineering, University of Bio-Bio.
palvarez@ubiobio.cl

ABSTRACT

Because of the different types of transit incidents that arise in the highways, its capacity is reduced, which causes an increase in the time to travel, fuel consumption, pollution's emissions, etc. One way to mitigate the above effects is to deliver information to users of the transport system about the occurrence of road traffic incidents so that they can modify their route choice decisions. The efficiency of this technology depends on the media of used communication, on the characteristics of the incident and on the availability of alternative routes and different penetration of market of information by through software of assignment SATURN. In this study a comparison between the situation was made without ITS, in which users do not have information on the occurrence of incidents versus situations where users if access information on the status of the network, thus obtainable changes are made travel time, fuel consumption and emissions.

Finally we can say that the results indicate that it is possible to generate savings when users access to information on the state that network.

1. INTRODUCCIÓN

Una herramienta muy utilizada para brindar información a los usuarios del S.T son los ITS, una forma de aplicación de ITS es diseminar información a los usuarios, esto quiere decir que se entregó a los usuarios información, mediante algún medio de comunicación sobre los incidentes que ocurren, esto con ayuda de la tecnología disponible actualmente, pueden ayudar al usuario a elegir la mejor alternativa disponible para su viaje, maximizando la conveniencia para el usuario sin la necesidad de consumir en demasía combustible, tiempos de viaje más reducidos y menor emisión de contaminantes entre otros beneficios.

Los ITS son particularmente efectivos cuando se trata de detectar situaciones anómalas, tales como la presencia de incidentes en la red vial. Provocan reducciones de capacidad en la vía, que pueden ser desde un incidente en la berma hasta una reducción total de la capacidad de la vía, a la vez esto conlleva a un aumento de T.V, mayor C.C y aumento en la emisión de contaminantes. Una forma de mitigar este impacto a los usuarios es mediante la D.I, es decir proporcionar información sobre el estado de la red vial para que así se pueda tomar una mejor decisión al momento de elegir la ruta. Al elegir esta ruta más óptima se aprecia un beneficio económico debido a la D.I ya que los usuarios ven reducido su C.C, T.V y emisiones.

Para evaluar estos beneficios se propone determinar las rutas que usaran los vehículos a través de la red vial, esta determinación se realiza cuando los usuarios se asignan a la red en base a sus expectativas o conocimientos previos de la ruta elegida, es decir sin información sobre la red vial. Luego de esto se determinan las rutas de los usuarios informados sobre la presencia de algún tipo de incidente, esto produce una reasignación en la red ya que las rutas de estos usuarios cambiaran a una más óptima en comparación a la que hubiesen tomado si no tuvieran información, lo cual trae consigo un ahorro en C.C, menor T.V y emisiones.

Luego de analizar las asignaciones se realizó una aplicación del ITS en el Gran Concepción, más específicamente en los puentes que unen Concepción con San Pedro de la Paz, para ellos se generó un modelo en el cual fue necesario ingresar la capacidad de la vía, velocidad, número de pistas, virajes permitidos, información de semáforos existentes y un matriz de viaje del área en análisis.

Para finalizar se realizó un cálculo de los beneficios que otorga a los usuarios la implementación del ITS en el área de estudio, esto se realizara mediante el Manual de Diseño y Evaluación Social de Proyectos de Vialidad Urbana (MESPIVU), en el cual se compararan las situaciones

sin ITS y las alternativas con ITS, de esta forma se obtienen las reducciones de combustible, T.V y emisiones las cuales se pueden traspasar a beneficios económicos.

1.1. Justificación del proyecto.

Dada la masificación de los medios de comunicación y otras tecnologías que nos otorgan información, interesa determinar el beneficio asociado a diseminar información a los usuarios del S.T, ya sea en el C.C, T.V y emisiones. Estos beneficios son un antecedente relevante en la toma de decisiones de inversión en el área del transporte.

1.2. Alcances del proyecto.

El presente proyecto considera el estudio de algunos casos teóricos y la aplicación de un sistema inteligente de transporte a un caso real que representa la operación del sistema de puentes y rutas alimentadoras en el Gran Concepción, se estimaron los beneficios diarios en los periodos punta mañana y punta tarde entre las situaciones con y sin ITS .

1.3. Objetivos del proyecto.

1.3.1. Objetivo General.

Estimar el beneficio económico de diseminar en tiempo real, información de tráfico a los usuarios del sistema de transporte, para advertir la presencia de incidentes, considerando penetraciones de mercado para el medio de comunicación.

1.3.2. Objetivos Específicos.

1. Sintetizar el estado del arte de la evaluación del impacto de la diseminación de información a los usuarios del sistema de transporte urbano.
2. Proponer una metodología para evaluar el impacto de la diseminación a los usuarios del sistema de transporte urbano.
3. Construir redes teóricas para aplicar la metodología propuesta.
4. Aplicar un modelo de transporte que permita la implementación de la medida propuesta en un sector del Gran Concepción.
5. Estimar el impacto en el consumo, demoras y emisiones producto de diseminación de información a los usuarios del sistema de transporte, para distintos niveles de penetraciones de mercado.

2. MARCO TEÓRICO

Con el fin de facilitar la comprensión de los desarrollos que siguen, se presentan algunas definiciones y explicaciones necesarias en el contexto de este estudio.

2.1. Congestión vehicular

La congestión vehicular, es la condición de un flujo de vehículos que se ve saturado debido al exceso de demanda en las vías, produciendo incrementos en los T.V y generación de colas. Este fenómeno se produce comúnmente en horas punta, produciendo pérdidas de tiempo, consumo excesivo de combustible y emisiones atmosféricas.

La congestión recurrente se refiere a la congestión que se produce cuando la capacidad de una vía se ve sobrepasada por la demanda en periodos cortos del día, siendo un suceso predecible, repetitivo. Por otro lado la congestión no recurrente es la que se refiere a la congestión que ocurre de manera irregular como accidentes de tránsito, los cuales son denominados incidentes de tránsito.

2.2. Incidentes de tránsito

Un incidente de tránsito puede ser definido como un evento en el S.T que típicamente produce una reducción de la capacidad de una vía. Los incidentes pueden ser de diferentes magnitudes que pueden variar desde el bloqueo de la berma hasta el bloqueo de todas las pistas, produciendo que los usuarios se desplacen a menores velocidades, esta reducción de velocidad puede incluso afectar a los usuarios de las pistas opuestas

Los incidentes de tránsito pueden ser especificados por medio de tres variables:

1. Frecuencia: Se refiere a la posibilidad de que ocurra un incidente de tránsito o no.

2. Duración: Se define como el periodo de tiempo que transcurre entre el momento exacto que ocurre el incidente hasta que se desbloquea la pista. La duración de un incidente se compone de 3 etapas: detección, respuesta, despeje de las vías.
3. Severidad: La severidad de los incidentes de tránsito se refiere a la proporción de la calzada transitada que está bloqueado por los vehículos detenidos.

2.3. Impacto asociado a los incidentes de tránsito.

Los impactos asociados a un incidente de tránsito se ven reflejados en el S.T por medio de reducción de capacidad de las vías. Es decir un bloqueo temporal de una parte de la vía o su totalidad. Al haber reducciones de capacidad y por ende reducción de velocidad del sistema esto trae consigo aumento de los T.V, mayor C.C y una mayor cantidad de emisiones emitidas a la atmosfera. Todas estas variables son costos que tienen que afrontar los usuarios, por lo tanto mientras mayor es la magnitud del incidente mayores serán los costos de los usuarios.

2.4. Severidades consideradas

Los diferentes tipos de incidentes que se analizaron en este proyecto son presentados en la Tabla 1:

Tabla 1 : Reducciones de capacidad para distintos incidentes

| Tipo de incidente | Descripción incidente |
|----------------------------|---------------------------------|
| Capacidad residual del 95% | Vehículo detenido en berma |
| Capacidad residual del 80% | Incidente en berma |
| Capacidad residual del 35% | Incidente en 1 pista más berma |
| Capacidad residual del 1% | Incidente en 2 pistas más berma |

(Fuente: HCM, 2000)

2.5. Duración y Frecuencias consideradas

La duración y frecuencia de incidentes son variables importantes al momento de generar resultados. En primer lugar la duración de incidentes ocupados en este proyecto son 15, 30 y 45 minutos, por lo otro lado la frecuencia es mostrada en la Tabla 2:

Tabla 2 : Frecuencia de incidentes

| | 15 min | 30 min | 45 min |
|------------------|--------|--------|--------|
| Detención | 59 | 29 | 11 |
| Berma | 29 | 15 | 5 |
| 1 pista + berma | 15 | 7 | 2 |
| 2 pistas + berma | 5 | 2 | 1 |

(Fuente: Elaboración propia)

2.6. Distintos niveles de P.de.M para los usuarios.

Esta memoria trata el efecto de la D.I, la efectividad de la disseminación depende entre otros factores de la P.de.M del medio. La P.de.M se refiere a la cantidad de usuarios que acceden a información del estado de la red. A continuación en la Tabla 3 se muestran las diferentes P.de.M utilizadas.

Tabla 3 : Penetraciones de mercado

| Porcentaje de información a los usuarios |
|--|
| 5% de información |
| 10% de información |
| 20% de información |
| 30% de información |
| 40% de información |
| 50% de información |

(Fuente: Elaboración propia)

2.7. Síntesis Estado del Arte

En este capítulo se presenta una síntesis del problema de D.I a los usuarios del S.T y el cálculo de beneficios. Esta síntesis puede ser clasificada en cuatro ítems:

- Disposición a ocupar información
- Estrategias de D.I
- Disposición a pagar por la información
- Ejemplo de aplicación

En primer lugar la disposición a ocupar la D.I para cambiar la elección de la ruta fue abordada por Lindsey (Lindsey et al, 2014), el estudio consistió en entregar información en tiempo real de incidentes en la vía, además proponer una ruta alternativa a los usuarios y a su vez analizar cuantas de estas personas ocupan la información de la ruta óptima para su desplazamiento. Los resultados del estudio arrojaron que mientras más grande es el incidente es decir el costo a los usuarios es mayor, estos optan por tomar la ruta propuesta para así disminuir sus costos, pero si los costos son pequeños la cantidad de usuarios que ocupa la información disminuye.

Dentro del mismo ámbito se encuentra el estudio realizado por Ettema (Ettema, D et al, 2006), su estudio consistió en entregar información a los usuarios de los T.V en diferentes rutas para que así tengan menos incertidumbre al momento de programar un viaje. Esto se traduce en un costo para el usuario, por lo tanto se propone un modelo de elección de hora de salida en base a la información proporcionada, para que de esta forma el viaje dure un tiempo óptimo. El modelo fue aplicado en la autopista A2 entre Beesd y Utrecht, Holanda.

Para el caso de estudio, se encontró que los costos de programación representan el 30-40% de los costes generalizados. Esto implica que los beneficios de las mejoras de infraestructura no sólo deben ser medidos en términos de ahorro de T.V, sino también en términos de costos de programación reducidos. En los entornos altamente congestionados, esto puede llevar a una mejor evaluación de los beneficios económicos.

Para cerrar este ítem se tiene el estudio realizado por Kusakabe (Kusakabe, T et al, 2012), el cual consiste en describir los comportamientos sobre la elección de itinerarios de conducción cuando la información de incidentes de tránsito es provista en un letrero de mensajería variable (VMS).

Los resultados mostraron que los viajeros pueden asumir T.V de sus rutas alternativas de acuerdo con la información de congestión de la sección de la carretera proporcionado por VMS. La velocidad percibida cuando los viajeros asumen el T.V de las rutas alternativas está representada cuantitativamente. Cuando la velocidad real observada es significativamente más lento o más rápido que la velocidad percibida de los viajeros, la eficacia de la información es insuficiente. Es decir, los viajeros pueden sobreestimar o subestimar su T.V. Esto puede ser mitigado mediante información adicional, tal como información sobre la tendencia en el aumento y la disminución de la congestión.

Por otro lado, se tienen las diferentes estrategias para diseminar información, esto fue abordado por Kamga (Kamga et al, 2013). El estudio propone entregar información a los usuarios mediante quioscos con pantallas táctiles. Además se busca examinar la puesta en marcha de los quioscos con información de incidentes, esto se realizara en el transporte de Nueva York. Además se analizó la cantidad de usuarios que utilicen la información entregada. Por último se busca encontrar un perfil de las personas que los utilizan para así desarrollar mejores estrategias para la entrega de información.

Los resultados dicen que los quioscos se utilizan más en centros de tránsito donde hay gran volumen de pasajeros y una mayor necesidad de información multimodal en tiempo real. Tanto las observaciones de campo y encuestas a pasajeros reveló que el acceso a la información en tiempo real confiable fue el uso del quiosco, haciendo coincidir las percepciones de pasajeros. Se ha demostrado que entre las características más importantes de esta tecnología fue su personalización de la información y la flexibilidad de contenido. La capacidad de los quioscos para utilizar las aplicaciones incorporadas para ofrecer información muy específica a los pasajeros con necesidades variables añade potencial a largo plazo para aumentar la cantidad de pasajeros. También se reveló que los pasajeros aprecian los quioscos como una innovación que proporciona comodidad y contribuye a una sensación de confianza durante la conducción de tránsito. El análisis de los registros de observación sugirió que podría ser posible aumentar la utilización de quiosco analizando la forma en que los viajeros se han acostumbrado a acceder a la información de tránsito y la adopción de una estrategia. El estudio observacional descubrió que los pasajeros eran más propensos a notar y mostrar interés en los quioscos después de que vieron a otros viajeros tocar las pantallas y que este medio de introducción ha tenido un mayor impacto que los signos o volantes escritos.

Por otra parte está el tema de la disposición a pagar por información del estado de la ruta, esto fue abordado por Rong-Chang (Rong-Chang, et al, 2013). En dicha investigación se realizó un estudio automatizado que fue diseñado y conducido hacia conductores de autopista en Taiwán, para calibrar la demanda y la acción de poner un precio razonable de información de tráfico personalizada en tiempo real en caso de tres condiciones de tráfico diferentes.

Los resultados indicaron que la demanda de la información de tráfico para condiciones irregulares era la más fuerte de los factores investigados. La información básica era el tipo

principal de información solicitada para condiciones normales, mientras que la predicción de T.V dinámica era el tipo principal de información solicitada para condiciones irregulares. De esta forma los usuarios estaban dispuestos a pagar por ella. Finalmente se dice que mayor es la demanda de la información de tráfico sobre autopistas principales y menor sobre rutas secundarias alternativas.

Por último se aborda un estudio el cual consiste en un ejemplo de aplicación sobre la D.I, este estudio fue realizado por Naniopoulus (Naniopoulus, et al, 2014). Proponen evaluar los beneficios de diseminar información a los usuarios mediante el proyecto TRAVEL-GUIDE, en base a los beneficios obtenidos los cuales contemplan disminución de los T.V y C.C, se busca ampliar la puesta en marcha de este proyecto de D.I.

Los resultados del estudio arrojan que el proyecto TRAVEL-GUIDE ha evaluado varios sistemas de tecnología informática. La mayoría de los usuarios aceptó los sistemas probados y una disposición a pagar, esto sugiere un buen potencial de comercialización de los servicios, con excepción del transporte público. En el transporte público, los usuarios esperan cada funcionalidad adicional que se ofrezca de forma gratuita, como una mejora de la calidad del servicio existente sin incremento del precio real del servicio. Lo mismo se aplica a los servicios basados en la infraestructura. Los usuarios esperan que sean ofrecidos gratuitamente por las autoridades públicas, ya sean locales o nacionales. Un pago por solicitud entre 0,2 y 0,6 euros se estimó coherente para los usuarios. Por desgracia, la P.de.M de los sistemas pertinentes de a bordo es todavía bastante bajo, y no existen datos suficientes sobre la frecuencia de dichas solicitudes por el usuario "medio". Aun así, la petición fue de una tarifa muy baja para la suscripción

Por último, para concluir este Capítulo se puede establecer que la D.I es un tema contingente a nivel mundial, hay una gran cantidad de estudios sobre esto abordando las diferentes variaciones del tema.

3. METODOLOGÍA

La simulación, más específicamente la microsimulación nos ayuda a representar de una forma bastante aproximada lo que ocurre en la realidad ayudando a estudiar problemas existentes en el S.T y además evaluar qué ocurriría frente a un cambio en él. Otra ventaja importante de los simuladores es el bajo tiempo de análisis del sistema además de poder visualizar detalladamente el comportamiento de los usuarios en los distintos puntos de análisis.

3.1. Clasificación de modelos de simulación

Es posible clasificar los modelos a utilizar dependiendo de las características del sistema en análisis y de las variables que se requieren analizar. En la Figura 1 se muestra una clasificación de los modelos de simulación en base al nivel de detalle y del tamaño del problema que se quiere analizar.

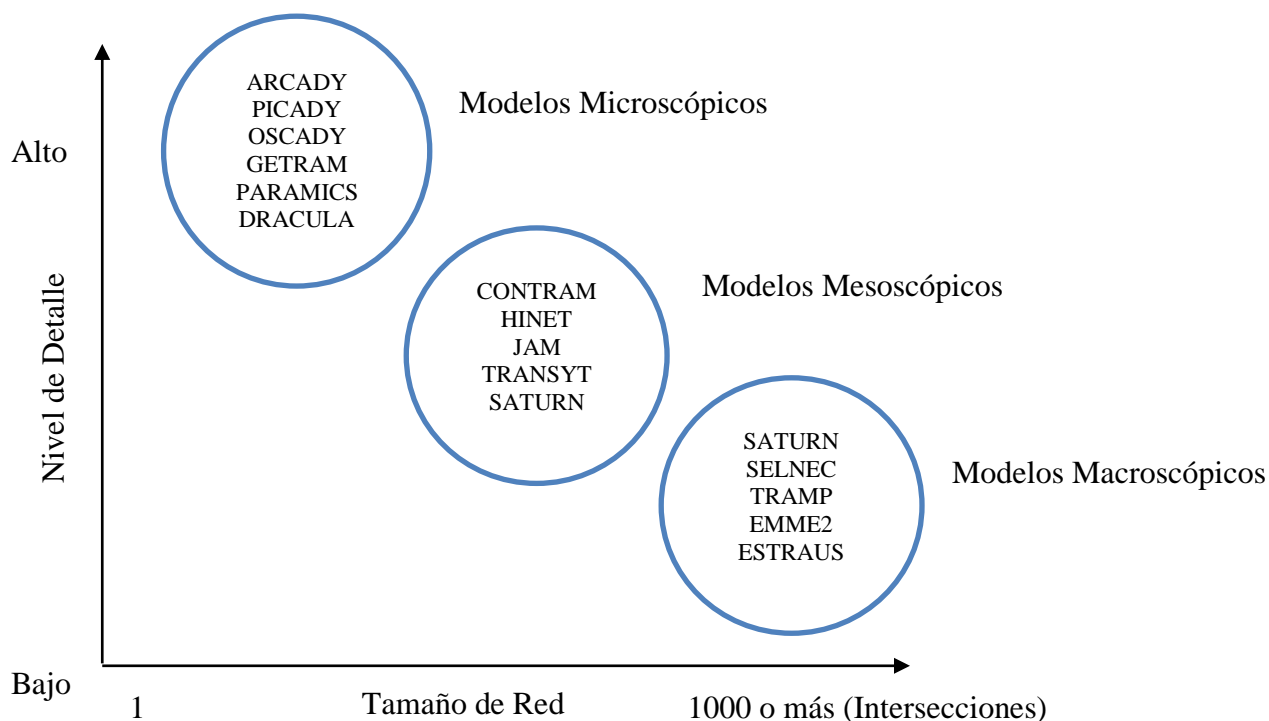


Figura 1 : Clasificación modelos de simulación
(Fuente: Manual Saturn)

En este sentido se tienen las siguientes categorías genéricas de modelos:

- Modelos Macroscópicos: Están basados en relaciones determinísticas de flujo, velocidad y densidad, son caracterizados por redes “pequeñas” de entre 50 y 150 intersecciones y que requieren un detallado análisis de la codificación de ellas.
- Modelos Mesoscópicos: Utilizan interacciones entre las propiedades de los modelos de simulación, tanto microscópicos y macroscópicos, como en los modelos microscópicos los vehículos son modelados individualmente, sin embargo, los movimientos de los vehículos se modelan mediante la utilización de modelos macroscópicos.
- Modelos Microscópicos: Simulan el movimiento de vehículos de forma individual basado en los modelos de lane-changing y car-following.

Para este proyecto se utilizara un modelo Mesoscópico debido a la cantidad de intersecciones y al número de iteraciones con las cuales se quiere trabajar

3.2. ELECCIÓN DEL MODELO MESOSCÓPICO

En particular, se utilizó SATURN debido a que es el modelo Mesoscópico más utilizado en Chile. SATURN es un software que permite modelar la asignación de usuarios a una red de transporte, considerando la ruta más óptima. Adicionalmente es la herramienta de la Secretaría de Transporte (SECTRA).

3.2.1. Macrosimulador SATURN.

El detalle con la descripción de los modelos utilizados y los parámetros de entrada de SATURN se encuentran en el ANEXO A.

3.2.2. Resultados SATURN.

SATURN entrega como salida una variedad de variables de interés. En la Tabla 4 se muestran las salidas más relevantes, las cuales pueden ser separadas dependiendo del caso en particular y la S.B.

Tabla 4 : Salidas globales de SATURN

| Parámetro | Definición |
|---------------------------------|--|
| Flujo | Número de vehículos por hora que han pasado por los distintos arcos de modelación de la red durante el período de simulación. |
| Velocidad | Velocidad promedio a la cual se mueven los vehículos en los respectivos arcos de la red |
| Tiempo de viaje | Tiempo de viaje del sistema y además tiempos de viajes segregados por arcos de modelación |
| Consumo de combustible | Total de litros de combustible consumido por la red de modelación y además los consumos en los respectivos arcos de modelación |
| Emisión de contaminantes | Total de diferentes tipos de contaminantes generados por la red y además estos mismos contaminantes segregados por nodos. |

(Fuente: Elaboración propia)

3.3. Pasos a seguir en Metodología

En esta etapa se aborda el problema de la D.I sobre incidentes y la captura de variables de desempeño.

En primera instancia los usuarios del S.T se asignan a la red vial, que tiene una capacidad inicial, en base a sus expectativas o conocimientos previos de las rutas, luego de esto ocurre un incidente que puede tener una frecuencia, duración y severidad variable, dependiendo del caso en análisis, esto provoca una disminución de la capacidad inicial con la que contaba la red. En el escenario con diseminación, se considera que diferentes fracciones de la matriz origen destino que se tenía inicialmente tienen información respecto a las condiciones reales de la red, esto produce que ese porcentaje de usuarios informados pueda optar por una ruta más óptima para su desplazamiento, lo que se traduce en una reasignación en la red vial, a su vez estos usuarios ven disminuido su costo ya que su T.V, C.C y emisiones son reducidos.

Para poder representar la presencia de incidentes en la red, se redujeron las capacidades de la red de la siguiente forma:

SATURN requiere el ingreso de la capacidad de cada arco de modelación, por ende para modelar el incidente se disminuye la capacidad de las vías a los casos antes descritos, como supuesto inicial asume que todos los usuarios están 100% informados, por lo tanto para poder modelar las diferentes P.de.M se realizaron los siguientes tres pasos:

1. Asignación inicial con los flujos existentes hoy en día.
2. Forzar a todos los flujos que siempre se movilizan por la misma ruta, es decir dejar los flujos como rutas fijas y el porcentaje de asignación sea 0.
3. Disminuir en los distintos porcentajes de información las rutas fijas y estas diferencias incluirlas en la matriz origen destino que asigna SATURN.

Habiendo explicado cómo se instaurará el incidente se dará paso a la construcción de redes teóricas en SATURN.

Lo primero a definir es la capacidad vehicular que tendrán las redes en cada caso, esto depende de la cantidad de arcos que estas presenten. Luego se definirá la demanda que estas tendrán, lo cual se realizará en base a las capacidades de las redes teóricas. Las demandas utilizadas serán el 50%, 70%, 90% y 110% de la capacidad del sistema, el 110% de la capacidad busca representar como actúa el sistema bajo congestión. Habiendo definido la demanda de las redes se procederá a ingresar las variables de entrada que pide el modelo, estas son capacidad de cada arco, velocidad, longitud, movimientos permitidos y ubicación de los nodos. Luego de haber definido la oferta y la demanda de las redes se instaurará el incidente que se analizará, es decir habrá una reducción de la capacidad inicial de la red y a la vez se informará a un porcentaje de usuarios la presencia del incidente. De esta forma se pueden obtener cambios en los T.V, C.C y emisiones. Por último, estos cambios se pueden comparar con la situación inicial, sin información, así se podrá analizar que ocurre con las distintas variables en análisis al momento de entregar información a los usuarios

3.4. Validación de la Metodología

La construcción de las redes de prueba consistió en 3 casos:

1. Red con 2 arcos, una capacidad de 3600 vehículos cada arco, es decir un total de 7200 vehículos, longitud de arcos fue de 2000m cada uno con una velocidad de 80km/hr, (Ver Figura 2a):
2. Red con 3 arcos, dos de ellos con una capacidad de 3600 vehículos y un tercero con un capacidad de 1600 vehículos, es decir 9000 vehículos, los primeros 2 arcos con una longitud de 2000 metros y velocidad de 80km/hr, el tercero con una longitud de 2000m y con una velocidad de 60km/hr, (ver Figura 2b):
3. Red con 4 arcos, dos de ellos con una capacidad de 3600 vehículos cada uno y los otros 2 restantes con una capacidad de 1800 vehículos cada uno, es decir una capacidad total de 10800 vehículos, cada arco tiene una longitud de 2000m, los arcos de 3600 vehículos tienen una velocidad de 80km/hr y los con capacidad de 1800 vehículos tienen una velocidad de 60km/hr, (ver Figura 2c):

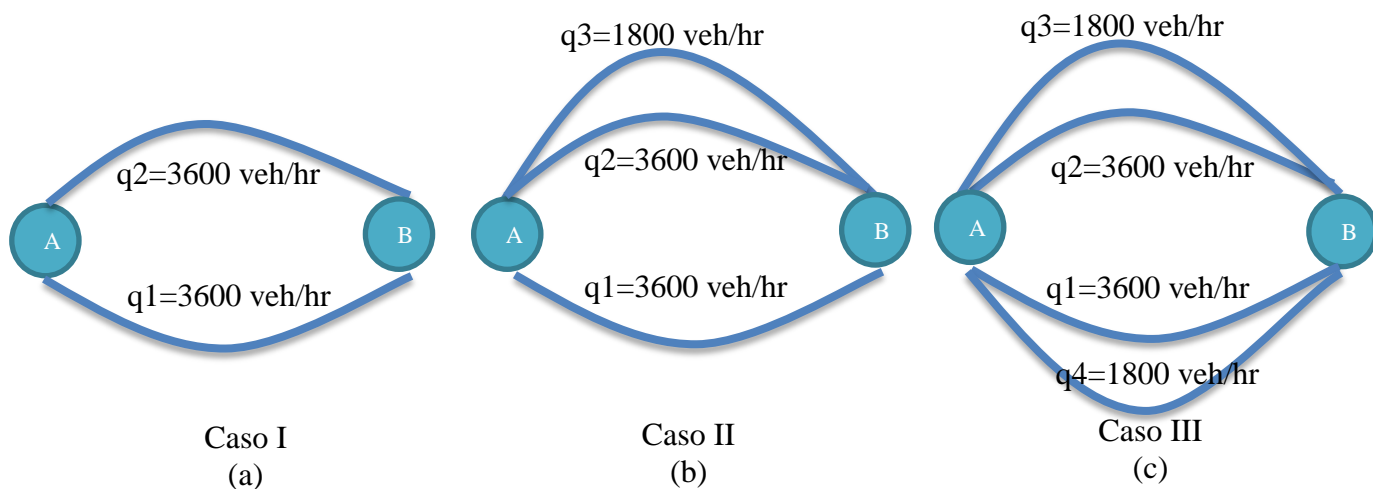


Figura 2: Redes Teóricas
(Fuente: Elaboración propia)

3.5. Resultados de Validación de la Metodología

Para visualizar el efecto de diferentes incidentes y distintas P.de.M se compara el T.V, C.C y emisiones para los distintos casos, estas comparaciones corresponderán al caso 3 con un 90% de demanda el cual es el caso más común.

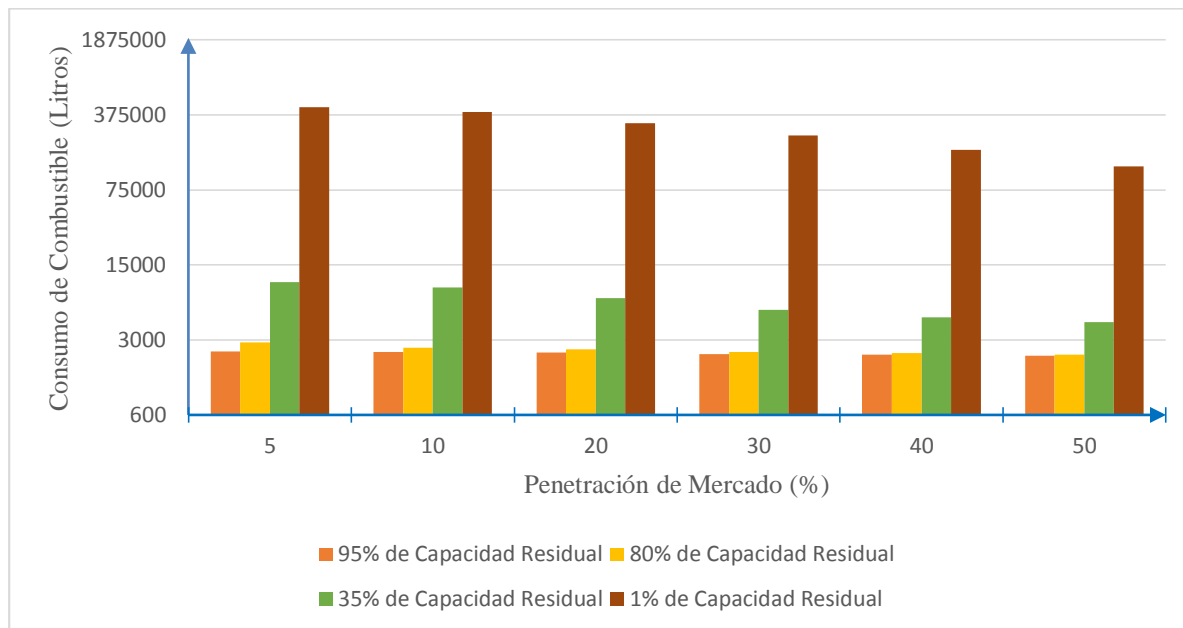


Figura 3: C.C, Caso III, 90% de Demanda

Se muestra en particular los resultados del caso III referente al C.C (ver Figura 3), se observa que hay una tendencia a la baja en cada uno de los incidentes aplicados a medida que se informa más a los usuarios.

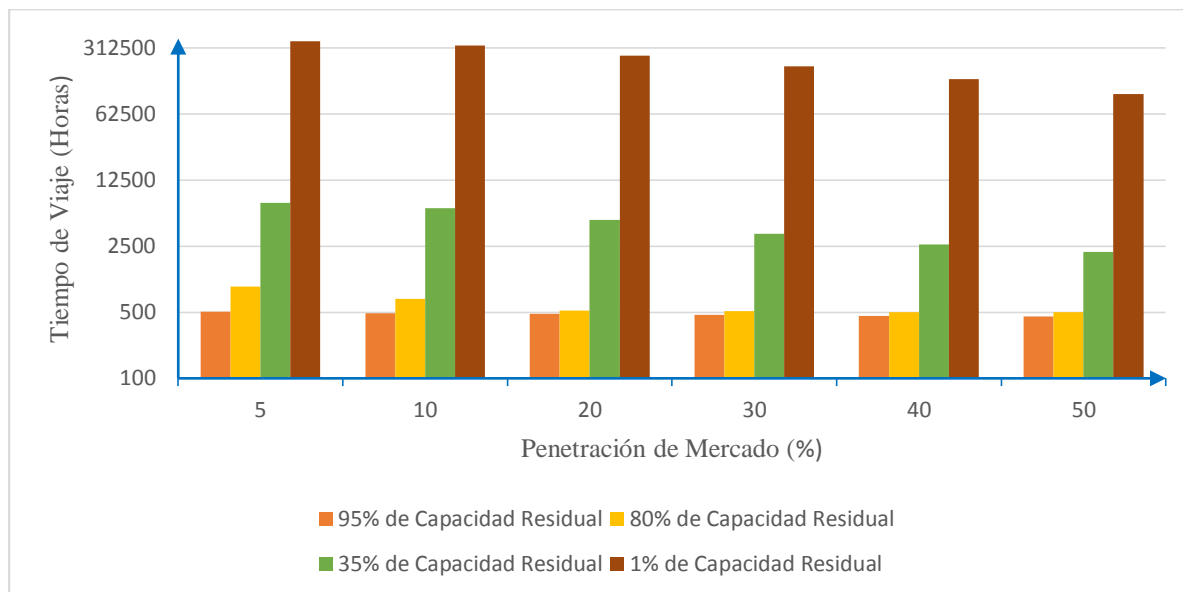


Figura 4 : T.V, Caso III, 90% de Demanda

Se muestra los resultados para el caso III, referentes al T.V (ver Figura 4), se puede observar un efecto similar al C.C, es decir una tendencia a la baja a medida que se informa a los usuarios.

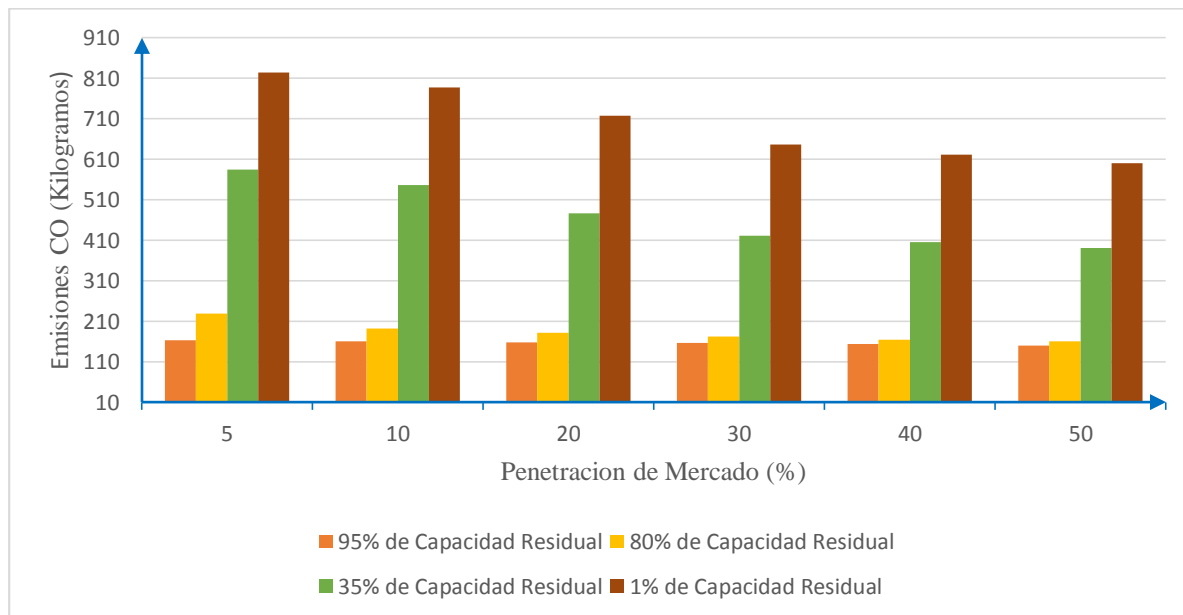


Figura 5: Emisiones CO, Caso III, 90% de Demanda

Se muestra los resultados para el caso III, referentes a las emisiones (ver Figura 5), se puede observar un efecto similar a las dos variables antes mostradas.

De igual forma se realizó una comparación de las distintas variables en análisis para los diferentes casos, para esto se eligió una P.de.M del 20%, al observar el gráfico (ver Figura 6) se puede apreciar que no hay grandes diferencias en el C.C entre los casos II y III, esto se debe a que hay más alternativas para poder desplazarse desde su origen al destino. Además se aprecia que no hay cambios entre el 95% y 80% de capacidad residual, esto se debe a que el flujo que transita es menor al 80% de la capacidad de la vía, por lo que la vía puede seguir funcionando con “normalidad”.

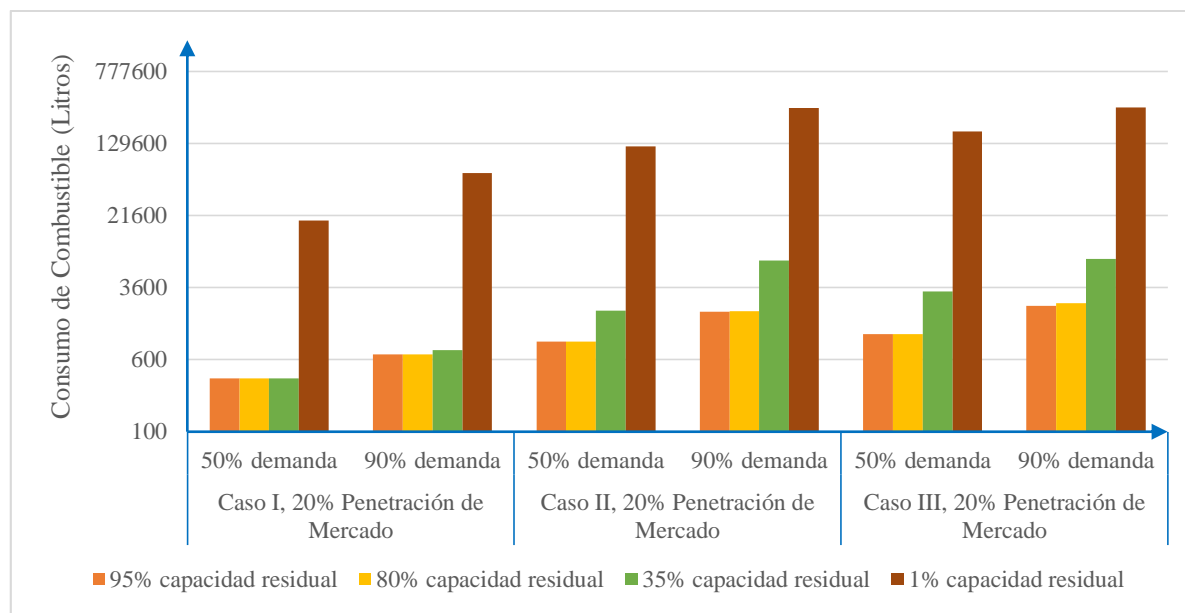


Figura 6 : Comparación C.C para 50% y 90% de Demanda

En base a esta comparación se puede decir que en el gráfico de diferentes demandas (ver Figura 6), se observa un cambio entre las diferentes demandas, esto es esperable debido a la mayor cantidad de flujo que está presente en los distintos casos.

Finalmente a partir del análisis antes realizado se puede concluir que a medida que mayor es la información a los usuarios sus costos disminuyen ya que pueden elegir una mejor ruta para su viaje, también es importante recalcar que para un mismo nivel de información a medida que hay más alternativas que puedan cubrir la presencia de incidentes los gastos son similares. Por último también se puede concluir que a medida que la demanda aumenta los diferentes costos también aumentan lo cual es esperable.

El detalle con los diferentes gráficos y comparaciones son mostradas en ANEXO B.

Finalmente se realizó una comparación de las distribuciones de flujos vehiculares en cada caso en análisis, con un flujo de entrada de 10000 vehículos a continuación se muestra una tabla para el 50% de información de los usuarios:

Tabla 5: Comparación flujos para los distintos casos en análisis

| Capacidad Residual | Escenario con 50% de informacion con un flujo de 10000 vehiculos | | | | | | | | |
|--------------------|--|------|---------|------|------|----------|------|------|------|
| | Caso I | | Caso II | | | Caso III | | | |
| 100% | 5000 | 5000 | 4008 | 4008 | 1984 | 1374 | 3626 | 3626 | 1374 |
| 90% | 4737 | 5263 | 3757 | 4175 | 2068 | 1538 | 3299 | 3640 | 1523 |
| 80% | 4444 | 5556 | 3485 | 4357 | 2158 | 1717 | 2938 | 3641 | 1704 |
| 70% | 4118 | 5882 | 3188 | 4555 | 2257 | 1838 | 2625 | 3703 | 1834 |
| 60% | 3570 | 6250 | 2863 | 4771 | 2366 | 1909 | 2352 | 3831 | 1908 |
| 50% | 3333 | 6667 | 2505 | 5010 | 2485 | 1984 | 2053 | 3985 | 1978 |
| 40% | 2857 | 7143 | 2109 | 5274 | 2617 | 2044 | 1813 | 4100 | 2043 |
| 30% | 2500 | 7500 | 2004 | 5344 | 2652 | 2044 | 1813 | 4100 | 2043 |
| 20% | 2500 | 7500 | 2004 | 5344 | 2652 | 2044 | 1813 | 4100 | 2043 |
| 10% | 2500 | 7500 | 2004 | 5344 | 2652 | 2044 | 1813 | 4100 | 2043 |

- rojo: Arco con Incidente
- azul: Alternativa con menor categoría
- negro: Alternativa con mayor categoría

(Fuente: Elaboración propia)

4. ESTUDIO DE CASO

La metodología fue aplicada a un área de estudio del Gran Concepción. El área seleccionada correspondió a los puentes que unen Concepción con San Pedro de la Paz, su análisis es importante debido a que son dos ciudades separadas por el río Bío-Bío y existen acotadas alternativas para trasladarse de un lugar a otro.

Para poder construir el modelo de transporte se requiere obtener la demanda del área en estudio mediante puntos de conteo de flujo vehicular en lugares estratégicos, luego se procede a obtener la oferta de la red, esto se realiza mediante la aplicación Street-View, habiendo definido la oferta y la demanda que tendrá el modelo de transporte se procede a la confección de este ingresando las variables de entrada que solicita, estas son capacidades de las vías, velocidad, longitud, movimientos permitidos en cada una de las intersecciones y por último la ubicación geográfica de los nodos que se ocuparán en el modelo.

Luego de creado el modelo de transporte se procedió a instaurar los diferentes tipos de incidentes, estos se ingresaran de la misma forma como fue explicado en la metodología, habiendo realizado esto se pueden comparar los resultados de C.C, T.V y emisiones entre la S.B y la situación con D.I para que de esta forma se pueda observar que tan efectiva es la D.I a los usuarios.

4.1. Modelo de Transporte

La construcción de un modelo de transporte del área en estudio permite visualizar las mejoras que trae consigo la implementación del ITS.

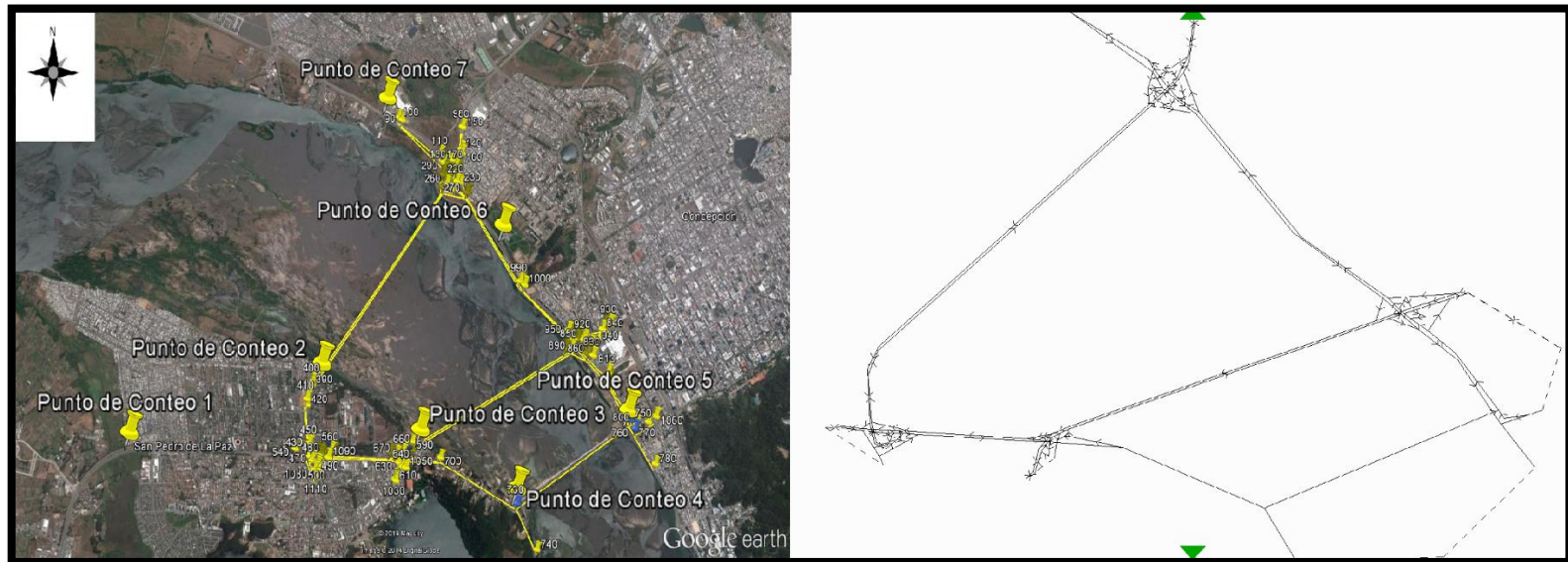


Figura 7: Red Modelo de Transporte
(Fuente: Elaboración propia)

Se muestra en particular la propuesta del modelo de transporte con sus respectivos puntos de conteo de flujo vehicular y también la red ya construida en SATURN (ver Figura 7), en la cual se analizaron los beneficios que obtendrán los usuarios al diseminar información de la red vial.

4.2. Demanda Modelo de Transporte

Para generar la matriz de viaje se utilizaron Vehículos Equivalentes, es decir se traspasó todo a un solo tipo de vehículo, a continuación se presentan los factores de equivalencia y el total de flujo vehicular para cada periodo (ver Tabla 5):

Tabla 6: Factores de Equivalencia y Flujos Totales

| Tipo de Vehículo | Factor de Equivalencia |
|------------------------|------------------------|
| Autos-Furgones-Jeeps | 1 |
| Camionetas | 1 |
| Camiones 2 Ejes | 2 |
| Camiones más de 2 ejes | 2 |
| Camiones semi remolque | 2 |
| Camiones remolque | 2 |
| Locomoción Colectiva | 2 |
| Motos | 0,5 |
| Total Flujo Vehicular | |
| PM | PT |
| 12056 | 14439 |

(Fuente: Elaboración propia)

Los periodos de conteo vehicular fueron dos, el primero correspondiente a PM fue desde las 7:00-8:00am, luego PT, fue desde las 18:00-19:00pm, estos periodos fueron elegidos porque son los que representan de mejor forma los periodos en análisis.

4.3. Oferta Modelo de Transporte

Como la oferta es la cantidad de pistas disponibles en el área de estudio (ver Figura 7), estas se obtuvieron mediante Street-View, para así poder ingresar la capacidad real existente al modelo

4.4. Codificación red SATURN

Luego de ingresar los parámetros de entrada al modelo, los cuales son detallados en ANEXO A, se obtiene la red de modelación (ver Figura 7)

Para el análisis del caso real se trabajó con la demanda de la red, luego de esto se aplicaron los distintos tipos de incidentes que se requieren analizar y por último se le entregó la información de estos a los usuarios. La modelación de los incidentes y D.I se implementó de igual forma a lo descrito en la Metodología.

4.5. Análisis de Resultados

En este ítem se analizan los cambios en C.C, T.V y emisiones del caso real con la presencia de los distintos tipos de incidentes y diferentes P.de.M (ver Figura 8, 9 y 10). Este análisis se realizó en dos periodos PM y PT, a continuación se presentan los resultados obtenidos para PM, para el C.C, los resultados de las otras variables en análisis y para PT son mostrados en ANEXO C.

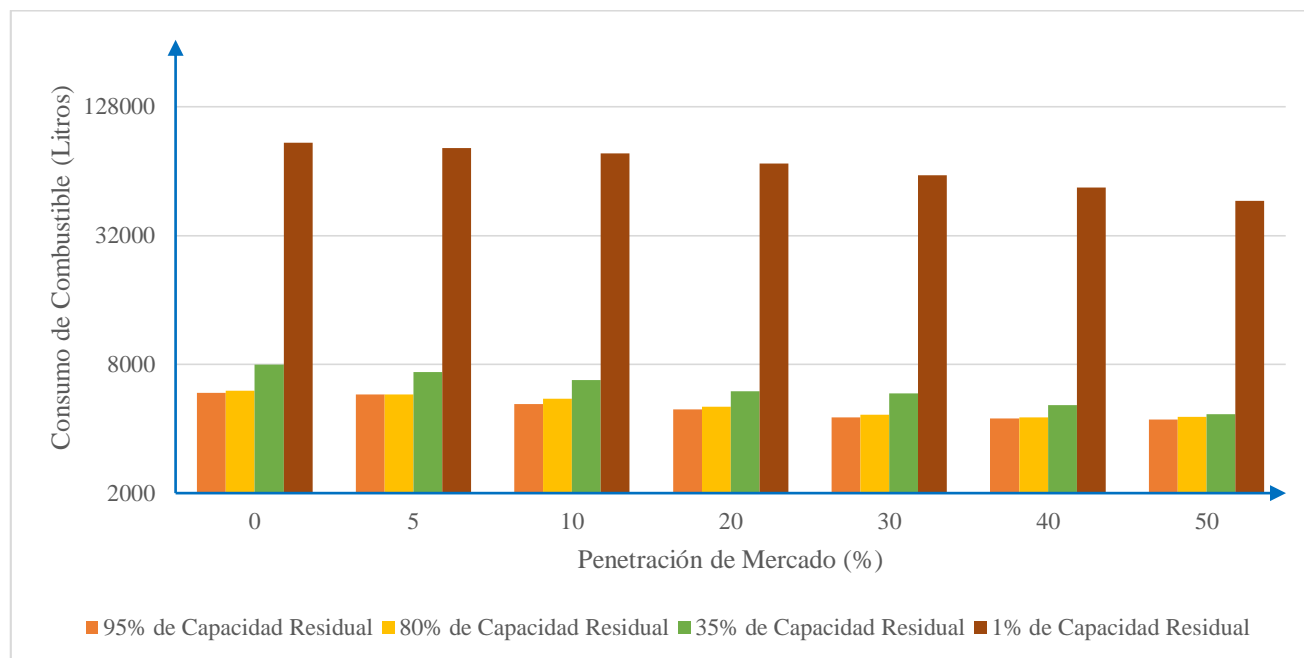


Figura 8 : Resultados C.C, PM

En particular se muestra el resultado del C.C (ver Figura 8) para las diferentes P.de.M y para los distintos tipos de incidentes, se logra apreciar una tendencia descendente a medida que se informa a los usuarios.

En los gráficos correspondientes a PM y PT (ver ANEXO C) siempre hay una tendencia a la baja de las distintas variables en análisis, esto quiere decir que mientras más grande es el porcentaje de información a las personas hay una mayor cantidad de usuarios que cambiaron su ruta lo cual se tradujo en las distintas disminuciones de costos hacia ellos.

Para el caso con más reducción de capacidad que es el del 1% de capacidad residual ocurrió lo siguiente:

- La diferencia de C.C entre el caso que se le otorgo un 5% y un 50% de información, se traduce en un 32% de menos de consumo.
- Para el caso del T.V esta reducción fue de un 45%.
- Para el caso de las emisiones de CO la reducción fue de un 14%.

Por último en la Tabla 6 se muestra la reducción de tiempos por cada usuario para PM

Tabla 7 : Reducción de tiempos

| | | Cantidad de tiempo ahorrada por vehículo (minutos) | | | |
|---------------------------|--|--|-------|-------|--------|
| | | Capacidad Residual | | | |
| Porcentaje de Información | | 95% | 80% | 35% | 1% |
| 5% | | 1,86 | 1,94 | 1,72 | 11,78 |
| 10% | | 2,1 | 4,14 | 3,11 | 20,62 |
| 20% | | 8,03 | 8,44 | 6,72 | 45,04 |
| 30% | | 9,56 | 11,6 | 10,28 | 69,59 |
| 40% | | 11,86 | 13,9 | 12,53 | 89,92 |
| 50% | | 12,15 | 14,19 | 13,33 | 112,82 |

(Fuente: Elaboración propia)

En los diferentes gráficos hay una tendencia a la baja de los costos a los usuarios, lo que también ocurre en los distintos casos de las redes teóricas que se plantearon anteriormente, por lo que se puede decir que la práctica confirma lo que plantea la teoría en base a la D.I a los usuarios.

5. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE BENEFICIOS POR CONSUMO, DEMORAS Y EMISIONES

Como último ítem se calcularon los beneficios de implementar el ITS en el área de análisis. Para ello se realizó:

En primer lugar restar el C.C, T.V de la S.B con las respectivas alternativas que tienen implementado el ITS, para así obtener los ahorros que estas alternativas generan. Luego de tener calculadas estas diferencias se transforman en dinero con sus respectivos valores sociales, el V.S.T y el precio por litro de combustible. Para continuar con el cálculo los beneficios de cada alternativa se multiplican por una probabilidad de ocurrencia de cada incidente. Por último se suman todos los beneficios que se han obtenido para así obtener un beneficio más real de la alternativa en análisis.

Para poder calcular los beneficios se necesita obtener la frecuencia y duración de los incidentes, estos incidentes con sus respectivas duraciones son mostrados en la Tabla 7:

Tabla 8 : Frecuencia y duración de incidentes

| | 15 min | 30 min | 45 min |
|------------------|--------|--------|--------|
| Detención | 59 | 29 | 11 |
| Berma | 29 | 15 | 5 |
| 1 pista + berma | 15 | 7 | 2 |
| 2 pistas + berma | 5 | 2 | 1 |

(Fuente: Reyes, 2014)

Los datos que se muestran en la tabla 7 fueron obtenidos en base a información que tiene Carabineros de Chile sobre los distintos tipos de incidentes que ocurren, como no se tiene mucha información sobre esto se supuso que todos los incidentes ocurren dentro del área de análisis y las duraciones son solo las mostradas.

Lo primero a definir es la S.B, luego el cálculo de beneficios contempla sólo las reducciones de T.V y C.C.

- El precio del combustible fue de \$497 el litro, correspondiente a gasolina de 95 octanos, se optó por este valor ya que en su gran mayoría los vehículos en Chile ocupan esta gasolina.
- El valor subjetivo del tiempo (VST) se utilizara como \$1416 la hora, debido a que este es el valor promedio de lo que vale una hora para una persona en Chile

Ambos datos fueron obtenidos del Ministerio de Desarrollo Social. Estos beneficios fueron calculados en base a probabilidades de ocurrencia de los distintos tipos de incidentes, se analizaron tres casos, estos se muestran en Tabla 8:

Tabla 9 : Probabilidad ocurrencia de un incidente

| Probabilidad de ocurrencia caso 1 | Probabilidad de ocurrencia caso 2 | Probabilidad de ocurrencia caso 3 | Tipo de incidente |
|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------|
| 30% | 25% | 20% | 95% capacidad residual |
| 5,5% | 8% | 3% | 80% capacidad residual |
| 4% | 5% | 1.5% | 35% capacidad residual |
| 0,5% | 2% | 0.5% | 1% capacidad residual |

(Fuente: Elaboración propia)

La fórmula utilizada para el cálculo de beneficios fue:

$$Beneficio_{anual \% Info} = P_{1\%} * \Delta_{\% Info} + P_{35\%} * \Delta_{\% Info} + P_{80\%} * \Delta_{\% Info} + P_{95\%} * \Delta_{\% Info} \quad (1)$$

$$\therefore Beneficio_{anual \% Info} = \sum P_{ocurrencia} * \Delta_{\% Info}$$

Los beneficios calculados para cada caso y para las distintas alternativas son mostrados en Tabla 9, se asumen 200 días hábiles al año:

Tabla 10 : Beneficios para las distintas alternativas

| Porcentaje de Información | Beneficios caso 1 (\$) | Beneficios caso 2 (\$) | Beneficios caso 3 (\$) |
|---------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 5% | 118.754.833 | 158.784.306 | 78.649.238 |
| 10% | 193.768.343 | 272.605.820 | 127.422.083 |
| 20% | 485.928.489 | 625.327.264 | 321.139.844 |
| 30% | 636.837.670 | 853.620.342 | 422.462.855 |
| 40% | 772.033.786 | 1.052.685.636 | 514.518.971 |
| 50% | 814.956.957 | 1.164.822.802 | 549.275.612 |

(Fuente: Elaboración propia)

Para más detalles del cálculo de estos beneficios ver ANEXO D.

Cabe destacar que la probabilidad de ocurrencia más real es el último caso ya que es bastante razonable decir que el área de análisis funciona en condiciones normales en un 75% del tiempo, en base a información sobre la frecuencia de ocurrencia de incidentes. De esta forma la alternativa con mayor beneficio es la correspondiente al 50% de información con un ahorro anual de \$549275612

Es importante recalcar que para el caso de 1% de capacidad los beneficios están sobredimensionados debido a que en la realidad las personas visualizan un incidente importante, por ejemplo una cola importante de vehículos los usuarios evitaran esta ruta de manera lógica, en cambio en el software los usuarios siguen ingresando.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las consecuencias que traen los diferentes cambios de capacidad en las vías debido a la presencia de incidentes de tráfico se traducen en importantes costos hacia los usuarios del S.T. Un ejemplo claro de esto es la generación de colas ya que el T.V necesario para desplazarnos desde nuestro origen hacia nuestro destino puede aumentar de manera considerable, además del aumento de C.C y por ende mayor cantidad de emisiones hacia la atmosfera. Por lo tanto esto genera cambios en el funcionamiento habitual del S.T provocando aumentos en las variables antes mencionadas. Una forma de mitigación sería tener a disposición información oportuna de los distintos incidentes que se presenten en un área, esto traería consigo beneficios desde el primer momento de su utilización.

Sin importar la procedencia del incidente, los parámetros para definir un incidente de tránsito son frecuencia, duración y severidad. Además a medida que aumenta la severidad de los incidentes y el grado de saturación con que trabaja la red, el impacto de los incidentes de tránsito es considerablemente mayor.

Los simuladores Mesoscópicos, en este caso SATURN, nos permiten modelar y simular de buena forma las reducciones de capacidad de las pistas producto de la ocurrencia de incidentes. Si bien en SATURN no se puede otorgar información a los usuarios del S.T, la metodología pudo representar las diferentes P.de.M y distintos tipos de incidentes que se deseaba modelar.

Mediante la metodología propuesta se logró comprobar tanto en las redes teóricas como en el caso de estudio que a mayor cantidad de información, mayor son los beneficios que obtienen los usuarios ya que con información ellos pueden elegir una ruta más óptima para su desplazamiento, la disminución más importante de costos se vio reflejada cuando ocurre un incidente que deja una capacidad residual del 1% de la vía existente.

Por otro lado en las redes teóricas se logra apreciar que la diseminación de información se hace más efectiva cuando los niveles de flujo vehicular están cercanos a la congestión. Cuando se tienen pocas alternativas para poder desplazarse desde un origen a un destino, como lo fue el caso I de las redes teóricas, la diseminación de información no es muy efectiva para disminuir los costos de los usuarios.

En cuanto al análisis de los flujos vehiculares se observó que a medida que el incidente es de mayor envergadura los usuarios tienden a preferir las vías con menores categorías, es decir con una velocidad de flujo libre menor.

Para el caso de análisis de beneficios, las ganancias más importantes están relacionada con el T.V, generalmente es alrededor del 70% de los beneficios totales, esto se debe al valor bastante más alto al cual se avalúa el tiempo (VST) en comparación con el combustible, también se puede decir que en comparación entre PM y PT se logra apreciar que hay mayor beneficio en PT, esto se debe hay que en el horario de análisis en PT hay una mayor cantidad de flujo que en PM. La alternativa con un beneficios más alto fue la correspondiente al 50% de información a los usuarios logrando ahorrar \$1.164.822.802, correspondiente al segundo caso de probabilidades de ocurrencia y la que reporto un menor beneficios su la correspondiente al 5% de información con un ahorro de \$78.927.558 correspondiente al tercer caso de probabilidades de ocurrencia de incidentes.

Como recomendación se puede decir que la implementación de un sistema inteligente de transporte en el Gran Concepción traería consigo beneficios para los usuarios, también se recomienda extender estos estudios a otras áreas del Gran Concepción y también extender los periodos en que se calculan las variables de salida para analizar la variabilidad de sus resultados y por último se recomienda utilizar datos más actualizados de severidad, frecuencia y duración de incidentes.

7. BIBLIOGRAFIA

- Transportation Research Board. Highway Capacity Manual (HCM 2000). Transportation Research Board. Washington, DC, 2000.
- Manual SATURN (2010), DICTUC, División de ingeniería de transporte
- Alvarez, P., Hadi, M., Zhan, C., Using Intelligent Transportation Systems Data Archives for Traffic Simulation Applications, Journal of the Transportation Research Board (in press), Washington, DC, 2010.
- Reyes, K (2014). Evaluación del impacto de congestión no recurrente en redes de transporte urbano.
- Jou Rong-Chang, Chen Ke-Hong (2013), A study of freeway drivers demand for real-time traffic information along main freeways and alternative routes, Transportation Research Part C, ScienceDirect.
- Robin Lindsey, Terry Daniel, Eytan Gisches, Amnon Rapoport (2014), Pre-trip information and route-choice decisions with stochastic travel conditions, Transportation Research Part B, ScienceDirect.
- Camille Kanga M. Anil Yazıcı, Abhishek Singhal (2013). Implementation of interactive information kiosks at New York City transit facilities: Analysis of user utilization and lessons learned, Transportation Research Part C, ScienceDirect.
- Dick Ettema, Harry Timmermans (2006), Costs of travel time uncertainty and benefits of travel time information, Transportation Research Part C, ScienceDirect.
- Aristotelis Naniopoulos, Evangelos Bekiaris and Maria Panou (2014), Cost and benefits of information technology systems and their application in the infomobility services: the TRAVEL-GUIDE approach, Economics impacts of intelligent transportation systems.
- Takahiko Kusakabe, Taku Sharyo, Yasuo Asakura (2012), Effects of traffic incident information on drivers route behaviour in urban expressway network 15th meeting of EURO working group on transportation.

ANEXOS

A continuación se presentan los diferentes anexos de este proyecto

ANEXO A

En este anexo se detallara más sobre las variables de entrada y la forma de trabajo de SATURN

a. Conceptos relativos a SATURN

a.1. Modelos y Modelación

El término “modelo” es usado normalmente para referirse a un programa o a un conjunto de programas unidos, el cual tiene como objetivo principal replicar o modelar algunos aspectos del mundo real.

Para el caso de redes de transporte urbano existe un modelo denominado **Simulation and Assignment of Traffic to Urban Road Networks**, SATURN, el cual trata de reflejar un conjunto de vías y el comportamiento de los vehículos que las ocupan. Para SATURN los datos para poder modelar consisten en una red de arcos y una matriz de viajes, posiblemente, algunos conteos de vehículos. Asimismo, SATURN dispone de un conjunto de programas interrelacionados y programas individuales que presentan funciones específicas dentro del modelo. Estos son los llamados sub-modelos, como por ejemplo, el sub-modelo de asignación. El modelo SATURN resulta recomendable para ser usado en las siguientes seis principales funciones básicas:

- Como un modelo combinado de simulación y asignación para análisis de esquemas, medidas o intervenciones de tráfico en redes urbanas (de tamaño mediano, del orden de 100 a 200 intersecciones)
- Como un modelo convencional de asignación para análisis de grandes redes
- Como modelo individual de simulación de intersecciones
- Como editor de redes y análisis de sistemas y bases de datos de transporte.

- Para el tratamiento o análisis de matrices de viaje
- Como modelo de demanda de viajes que abordan los elementos básicos de distribución de viajes, partición modal, entre otros.

a.2. Asignación

SATURN ocupa un modelo de asignación para determinar las rutas que usarán los vehículos a través de la red vial codificada. Si para un par AB existe más de una ruta, el sub modelo determina la proporción del total de movimientos entre A y B que usa cada una de las rutas. Por razones computacionales, el submodelo de asignación determina para cada posible origen la ruta de menor costo global hacia cada posible destino. Así se generan árboles de rutas las cuales parten desde un punto (zona de origen) y cubren el conjunto de zonas posibles de destino.

a.3. Simulación

El sub modelo de asignación toma la demanda por viajar desde la matriz de viajes y la oferta de rutas desde la red vial, calculando las rutas que los vehículos siguen desde sus orígenes hasta sus destinos. Sin embargo, como son muchos los vehículos que están siendo asignados en una intersección, la demora asociada va cambiando. La relación entre flujo y demora es compleja desde los diferentes movimientos que se realizan. La función del submodelo de simulación es calcular las demoras para cada movimiento en cada intersección dadas las características de éstas y los flujos de viraje asignados. Una vez calculadas, estos resultados son transferidos al submodelo de asignación.

a.4. Modelo básico de SATURN

El modelo básico de SATURN consta de ocho programas, además de un conjunto de programas auxiliares que sirven para el análisis de resultados entre otros. Los primeros tres son los que conciernen a los flujos de tráfico vehicular en la red y los últimos cinco se refieren, generalmente, al análisis de los resultados de las redes cargadas con los flujos de las asignaciones.

Los tres primeros programas son:

- SATNET: Verifica el archivo de la codificación de la oferta vial (red vial) y entrega un archivo interno como entrada de SATALL.
- MXM1: Verifica el archivo de la matriz de viajes y la transforma en un formato adecuado para ser procesada por SATALL.
- SATALL: Combinación de simulación-asignación que toma como entrada los archivos red vial y la matriz de viajes creados anteriormente y asigna tráfico vehicular por distintas rutas factibles mientras simula las correspondientes demoras.

Los programas de análisis son:

- SATLOOK: Mediante análisis numérico detalla las condiciones del tráfico vehicular y sus estadísticas asociadas.
- SATED: Editor de la red que toma las intersecciones en forma aislada y estudia el análisis del efecto de aislamiento.
- PIX: Módulo gráfico que permite representar los resultados desplegados de los programas anteriores (incluye las principales variables entregadas por SATLOOK).
- SATDB: Programa de análisis de bases de datos que permite flexibilizar la salida de datos de la red.
- MX: Permite manipular o intervenir la matriz de entrada o de salida para posibles cambios (como reducción, amplificación, suma).

a.5. Uso de archivos

El modelo SATURN trabaja en forma interna con archivos que no poseen formato a objeto de hacer más eficiente el tiempo de CPU. La extensión de estos archivos es de la forma UF* (UnFormat), donde “*” es la letra que indica la rutina que está siendo utilizada. Las extensiones más ocupadas son:

- UFN: salida de SATNET
- UFS: salida SATURN, SATALL
- UFP: salida de SATPIJA
- UFM: salida de MXM1
- UFA: salida de SATASS

Los archivos UF son generados a partir de la ejecución de las rutinas básicas de SATURN, como son SATNET y MXM1, los cuales necesitan una red de modelación y una matriz de viajes respectivamente.

Asimismo, cada rutina entrega una archivo en formato ASCII que puede ser leído por cualquier editor de texto y que es de la forma LP* (LinePrinter). Las salidas más comunes son:

- LPN: salida de SATNET
- LPT. Salida SATURN, SATALL
- LPJ: Salida de SATPIJA
- LPX: salida de MXM1
- LPA: Salida de SATASS
- LPM: Salida de SATME2

En la Tabla 8 se presenta un resumen con los archivos necesarios para poder correr las principales rutinas de SATURN. Se muestra los archivos de ingreso y los que produce cada subrutina, en base a un archivo de Red llamado red.DAT, a una matriz de viajes llamada Matriz.DAT y a un archivo de conteos llamado Conteos.DAT

| Archivo de Entrada | Rutina | Archivos Internos | Archivos de Salida |
|----------------------------------|---------|-------------------|--------------------|
| Red.DAT | SATNET | Red.UFN | Red.LPN |
| Matriz.DAT | MXM1 | Matriz.UFM | Matriz.LPX |
| Red.UFN, Matriz.UFM | SATURN | Red.UFN, Red,UFS | Red.LPN, Red.LPT |
| Conteos.DAT, Red.UFS, Matriz.UFM | SATPIJA | Conteos.UFP | Conteos.LPJ |
| Conteos.UFP, Matriz.UFM | SATME2 | Newmatriz.UFM | Red.LPM |
| Red.UFS, Matriz.UFM | SATASS | Red.UFA | Red.LPA |

Resumen uso de rutinas
(Fuente: Manual Saturn)

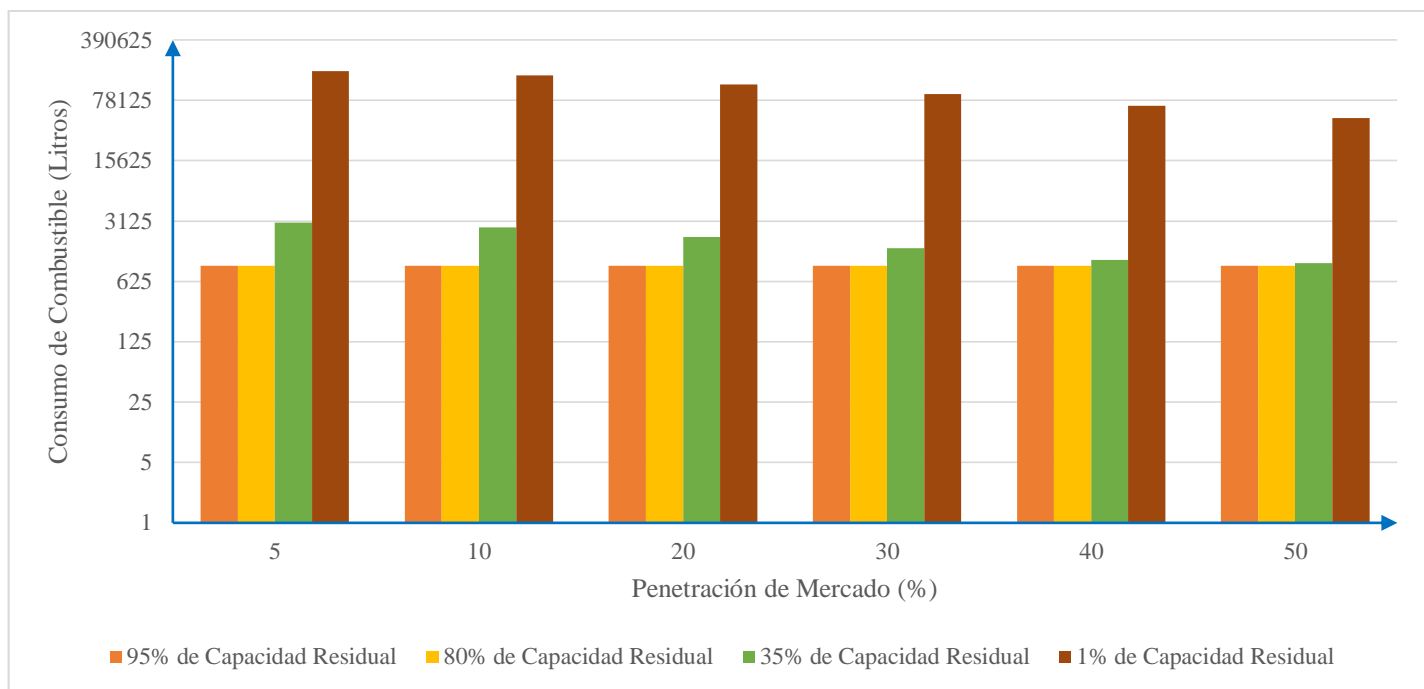
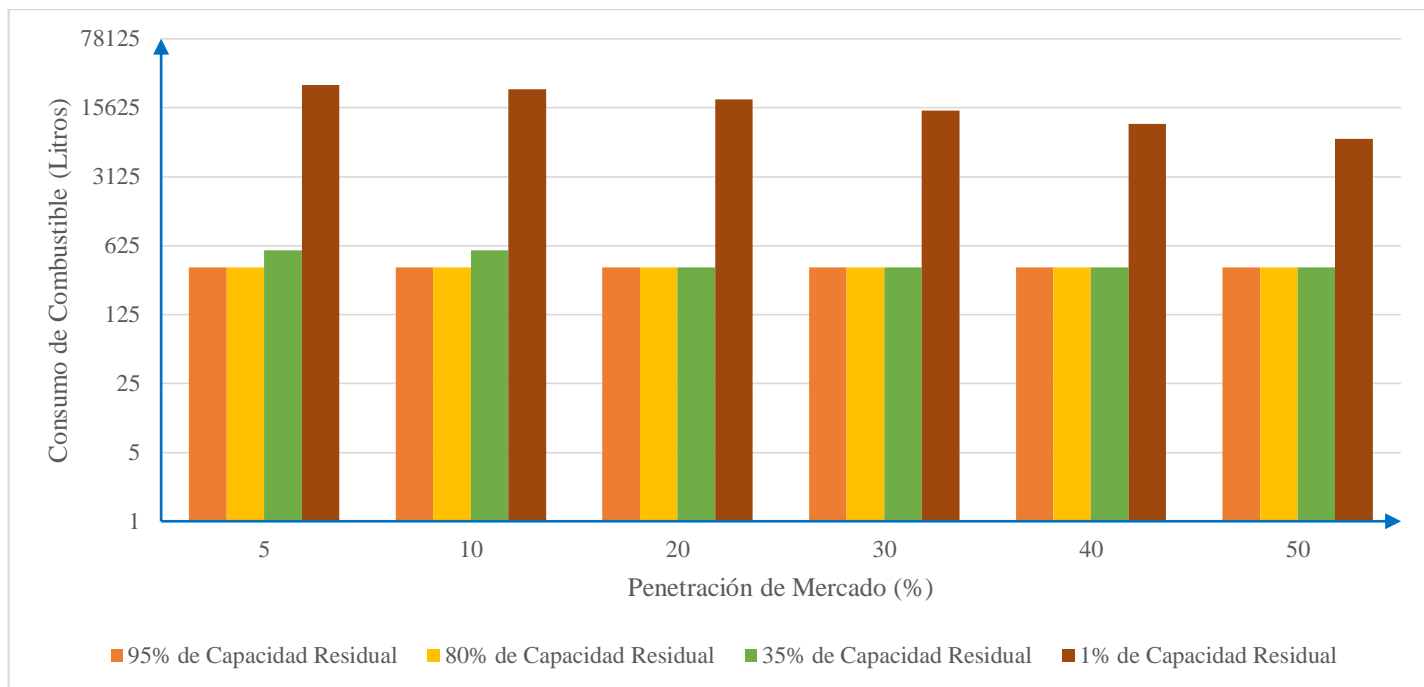
ANEXO B

En el anexo B se muestran los resultados de los diferentes casos de las redes de prueba, para los distintos tipos de incidentes, como el caso de 90% de capacidad ya fue mostrado ahora se muestra los casos para el 50%, 70% y 110% de demanda.

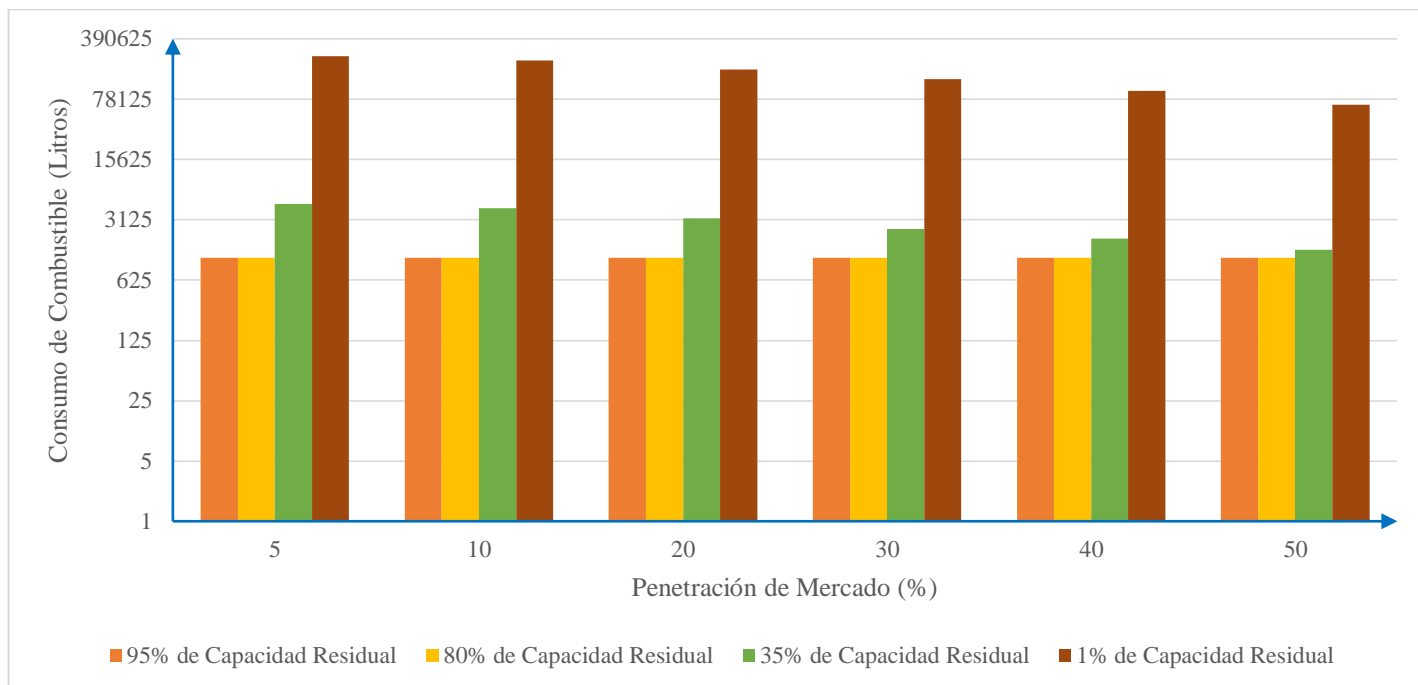
Tablas y gráficos para el 50% de demanda

| 50% DE DEMANDA | | | | | | | | |
|---------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------|--------------------------|-------------------|--------|
| 95% de Capacidad Residual | | 80% de Capacidad Residual | | 35% de Capacidad Residual | | 1% de Capacidad Residual | | |
| % de informacion | Gasto combustible | % de informacion | Gasto combustible | % de informacion | Gasto combustible | % de informacion | Gasto combustible | |
| Caso I | 5 | 378 | 5 | 378 | 5 | 559 | 5 | 26704 |
| | 10 | 378 | 10 | 378 | 10 | 559 | 10 | 23967 |
| | 20 | 378 | 20 | 378 | 20 | 378 | 20 | 18968 |
| | 30 | 378 | 30 | 378 | 30 | 378 | 30 | 14564 |
| | 40 | 378 | 40 | 378 | 40 | 378 | 40 | 10754 |
| | 50 | 378 | 50 | 378 | 50 | 378 | 50 | 7538 |
| Caso II | 5 | 945 | 5 | 945 | 5 | 3004 | 5 | 169365 |
| | 10 | 945 | 10 | 945 | 10 | 2653 | 10 | 152033 |
| | 20 | 945 | 20 | 945 | 20 | 2029 | 20 | 120058 |
| | 30 | 945 | 30 | 945 | 30 | 1514 | 30 | 91880 |
| | 40 | 945 | 40 | 945 | 40 | 1107 | 40 | 67498 |
| | 50 | 945 | 50 | 945 | 50 | 1018 | 50 | 48801 |
| Caso III | 5 | 1134 | 5 | 1134 | 5 | 4782 | 5 | 244453 |
| | 10 | 1134 | 10 | 1134 | 10 | 4238 | 10 | 219345 |
| | 20 | 1134 | 20 | 1134 | 20 | 3268 | 20 | 173229 |
| | 30 | 1134 | 30 | 1134 | 30 | 2455 | 30 | 132581 |
| | 40 | 1134 | 40 | 1134 | 40 | 1894 | 40 | 97497 |
| | 50 | 1134 | 50 | 1134 | 50 | 1407 | 50 | 67798 |

Resultados consumo combustible, 50% demanda
(Fuente: Elaboración propia)



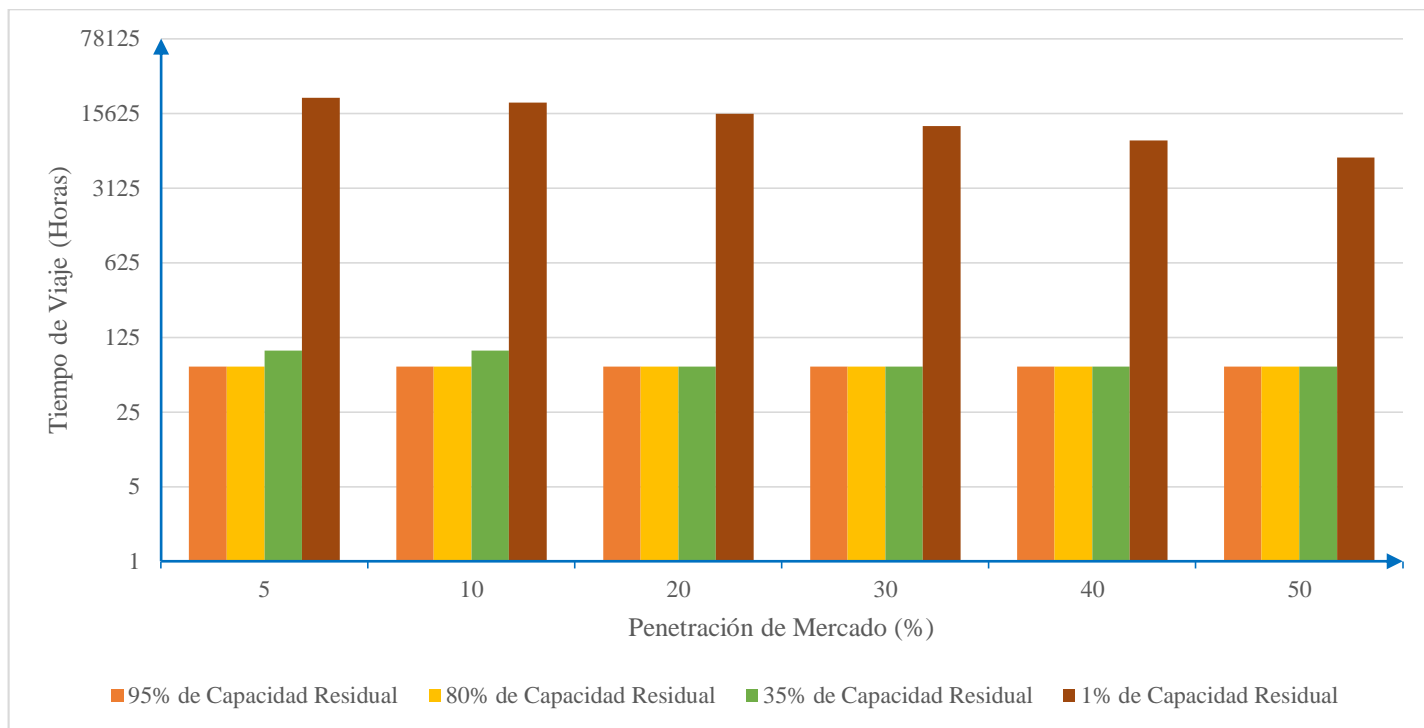
Caso II, 50% demanda
(Fuente: Elaboración propia)



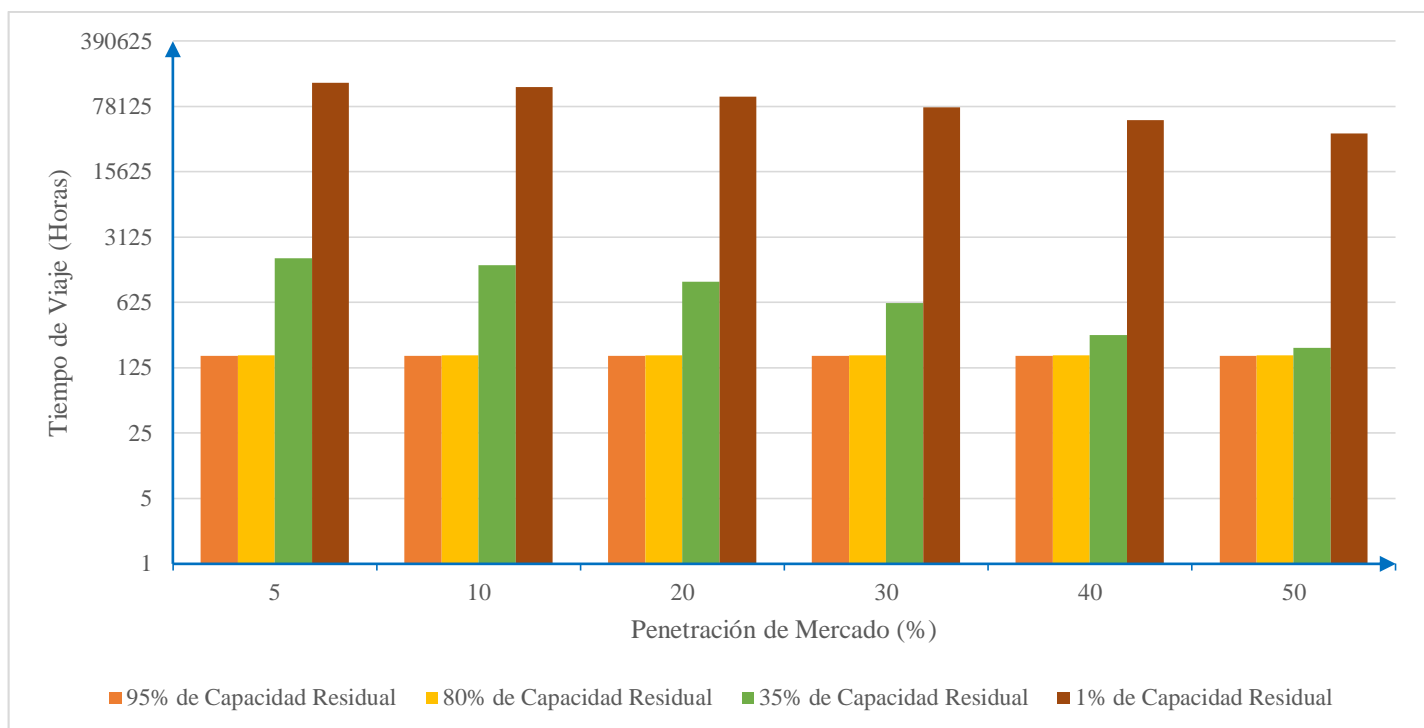
Caso III, 50% demanda
(Fuente: Elaboración propia)

| 50% DE DEMANDA | | | | | | | | |
|----------------|---------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------|--------------------------|-----------------|
| | 95% de Capacidad Residual | | 80% de Capacidad Residual | | 35% de Capacidad Residual | | 1% de Capacidad Residual | |
| | % de informacion | Tiempo de Viaje | % de informacion | Tiempo de Viaje | % de informacion | Tiempo de Viaje | % de informacion | Tiempo de Viaje |
| Caso I | 5 | 67 | 5 | 67 | 5 | 94 | 5 | 21989 |
| | 10 | 67 | 10 | 67 | 10 | 94 | 10 | 19708 |
| | 20 | 67 | 20 | 67 | 20 | 67 | 20 | 15545 |
| | 30 | 67 | 30 | 67 | 30 | 67 | 30 | 11876 |
| | 40 | 67 | 40 | 67 | 40 | 67 | 40 | 8703 |
| | 50 | 67 | 50 | 67 | 50 | 67 | 50 | 6025 |
| Caso II | 5 | 168 | 5 | 169 | 5 | 1842 | 5 | 140476 |
| | 10 | 168 | 10 | 169 | 10 | 1552 | 10 | 126035 |
| | 20 | 168 | 20 | 169 | 20 | 1037 | 20 | 99394 |
| | 30 | 168 | 30 | 169 | 30 | 612 | 30 | 75917 |
| | 40 | 168 | 40 | 169 | 40 | 278 | 40 | 55604 |
| Caso III | 5 | 202 | 5 | 202 | 5 | 3191 | 5 | 202917 |
| | 10 | 202 | 10 | 202 | 10 | 2741 | 10 | 181997 |
| | 20 | 202 | 20 | 202 | 20 | 1938 | 20 | 143573 |
| | 30 | 202 | 30 | 202 | 30 | 1266 | 30 | 109705 |
| | 40 | 202 | 40 | 202 | 40 | 733 | 40 | 80402 |
| | 50 | 202 | 50 | 202 | 50 | 336 | 50 | 55662 |

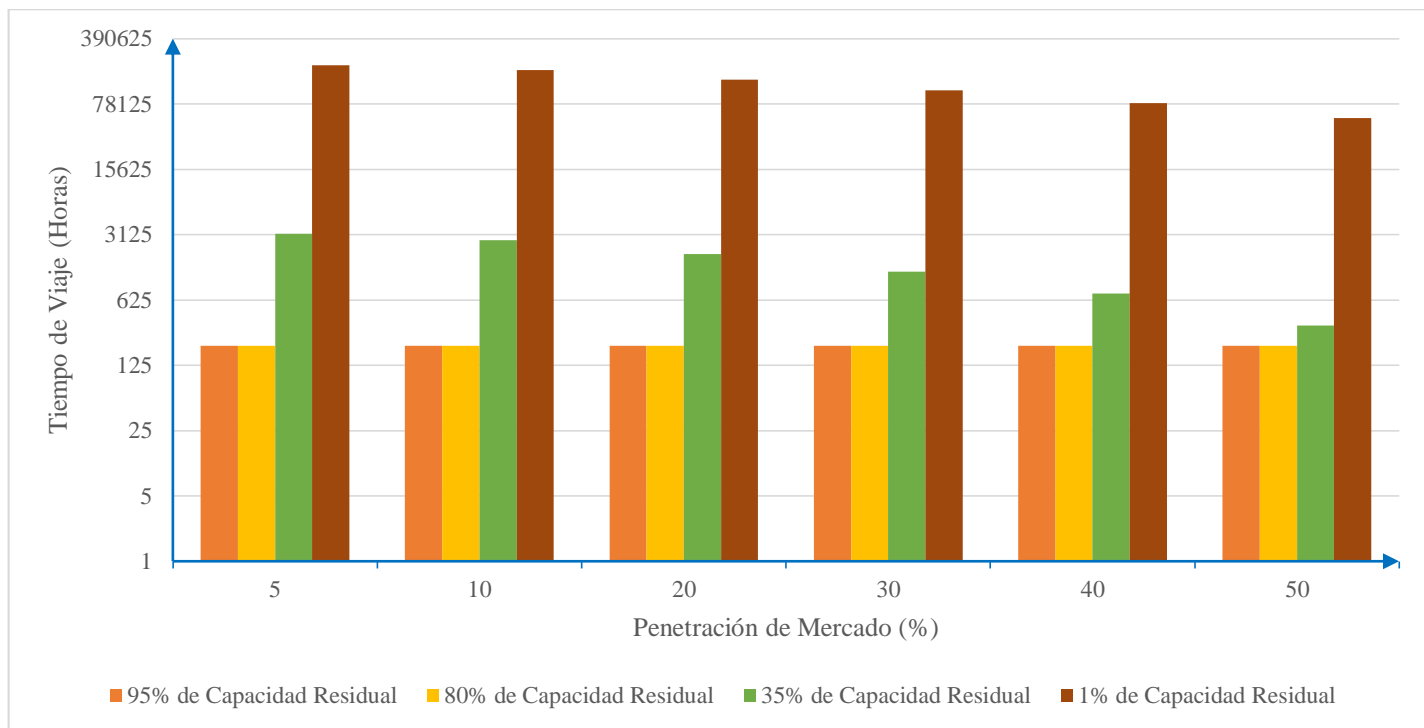
Resultados tiempos de viaje, 50% demanda
(Fuente: Elaboración propia)



Caso I, 50% demanda
(Fuente: Elaboración propia)



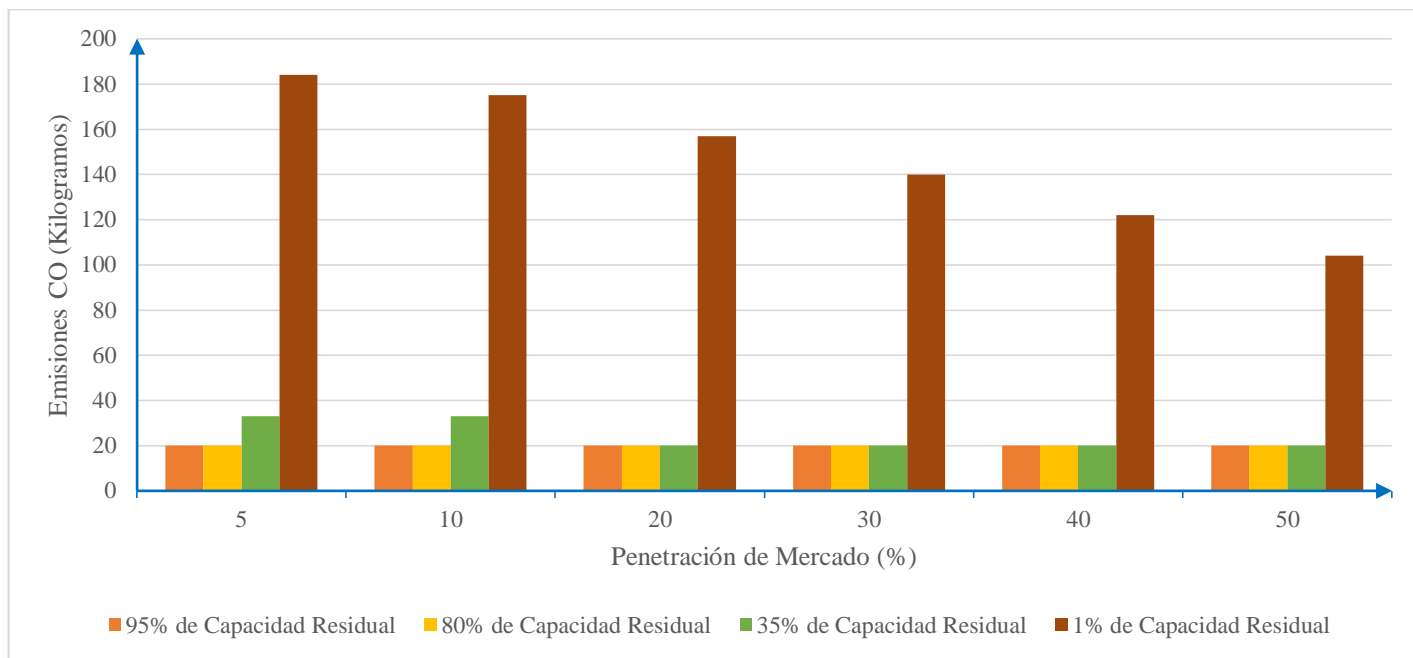
Caso II, 50% demanda
(Fuente: Elaboración propia)



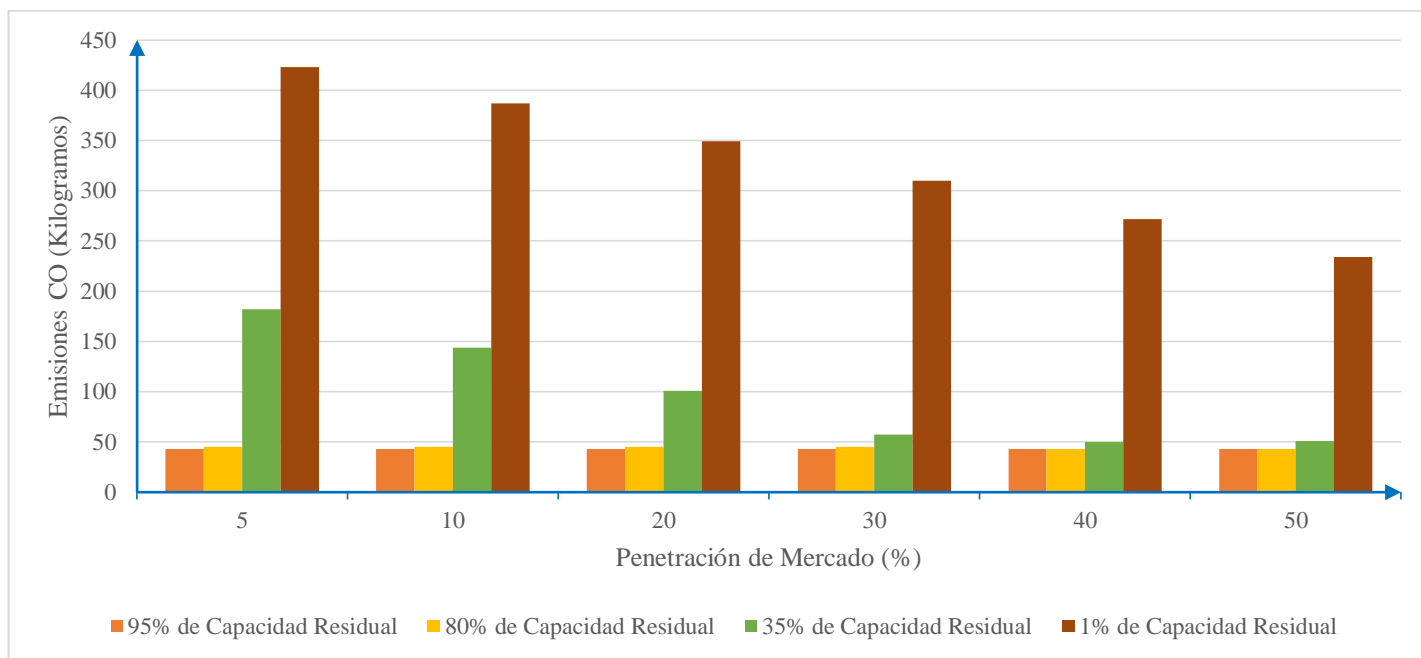
Caso III, 50% demanda
(Fuente: Elaboración propia)

| 50% DE DEMANDA | | | | | | | | |
|---------------------------|--------------|---------------------------|--------------|---------------------------|--------------|--------------------------|--------------|-----|
| 95% de Capacidad Residual | | 80% de Capacidad Residual | | 35% de Capacidad Residual | | 1% de Capacidad Residual | | |
| % de informacion | Emisiones CO | % de informacion | Emisiones CO | % de informacion | Emisiones CO | % de informacion | Emisiones CO | |
| Caso I | 5 | 20 | 5 | 20 | 5 | 33 | 5 | 184 |
| | 10 | 20 | 10 | 20 | 10 | 33 | 10 | 175 |
| | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 157 |
| | 30 | 20 | 30 | 20 | 30 | 20 | 30 | 140 |
| | 40 | 20 | 40 | 20 | 40 | 20 | 40 | 122 |
| | 50 | 20 | 50 | 20 | 50 | 20 | 50 | 104 |
| Caso II | 5 | 43 | 5 | 45 | 5 | 182 | 5 | 423 |
| | 10 | 43 | 10 | 45 | 10 | 144 | 10 | 387 |
| | 20 | 43 | 20 | 45 | 20 | 101 | 20 | 349 |
| | 30 | 43 | 30 | 45 | 30 | 57 | 30 | 310 |
| | 40 | 43 | 40 | 43 | 40 | 50 | 40 | 272 |
| | 50 | 43 | 50 | 43 | 50 | 51 | 50 | 234 |
| Caso III | 5 | 61 | 5 | 61 | 5 | 327 | 5 | 567 |
| | 10 | 61 | 10 | 61 | 10 | 300 | 10 | 541 |
| | 20 | 61 | 20 | 61 | 20 | 246 | 20 | 487 |
| | 30 | 61 | 30 | 61 | 30 | 192 | 30 | 433 |
| | 40 | 61 | 40 | 61 | 40 | 152 | 40 | 392 |
| | 50 | 61 | 50 | 61 | 50 | 101 | 50 | 342 |

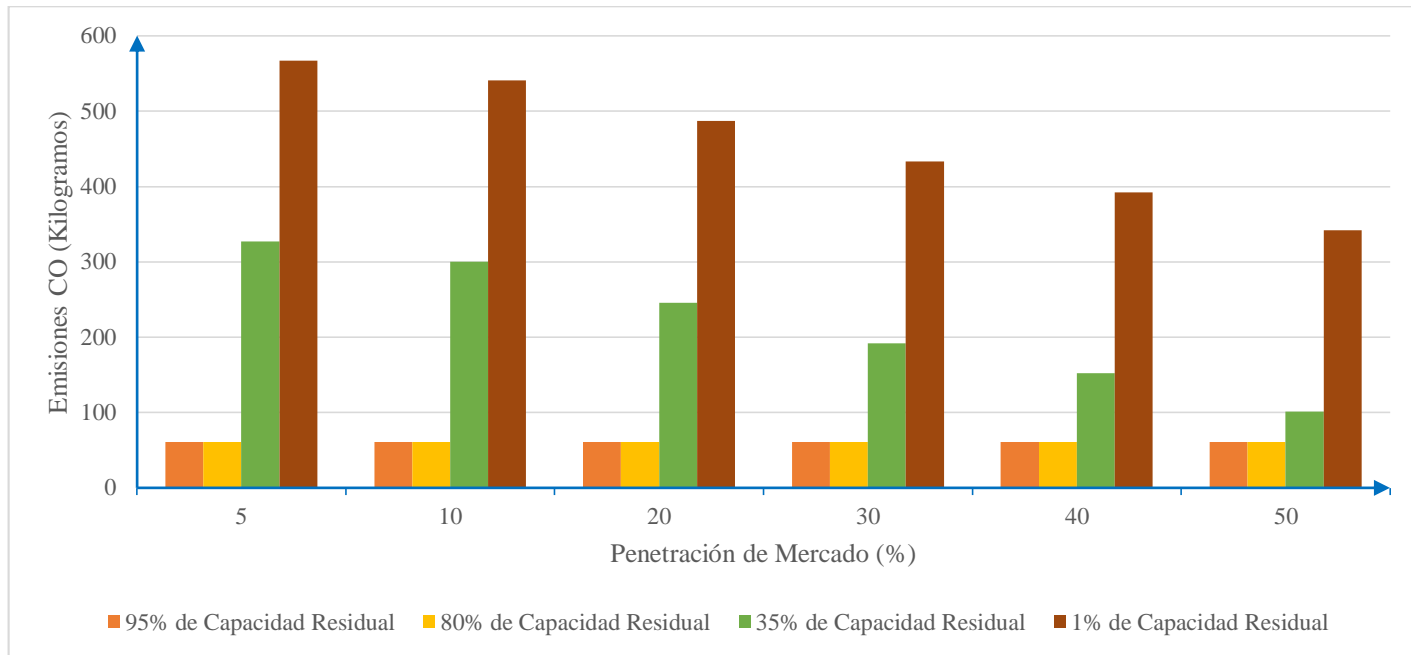
Resultados emisiones CO, 50% demanda
(Fuente: Elaboración propia)



Caso I, 50% demanda
(Fuente: Elaboración propia)



Caso II, 50% demanda
(Fuente: Elaboración propia)



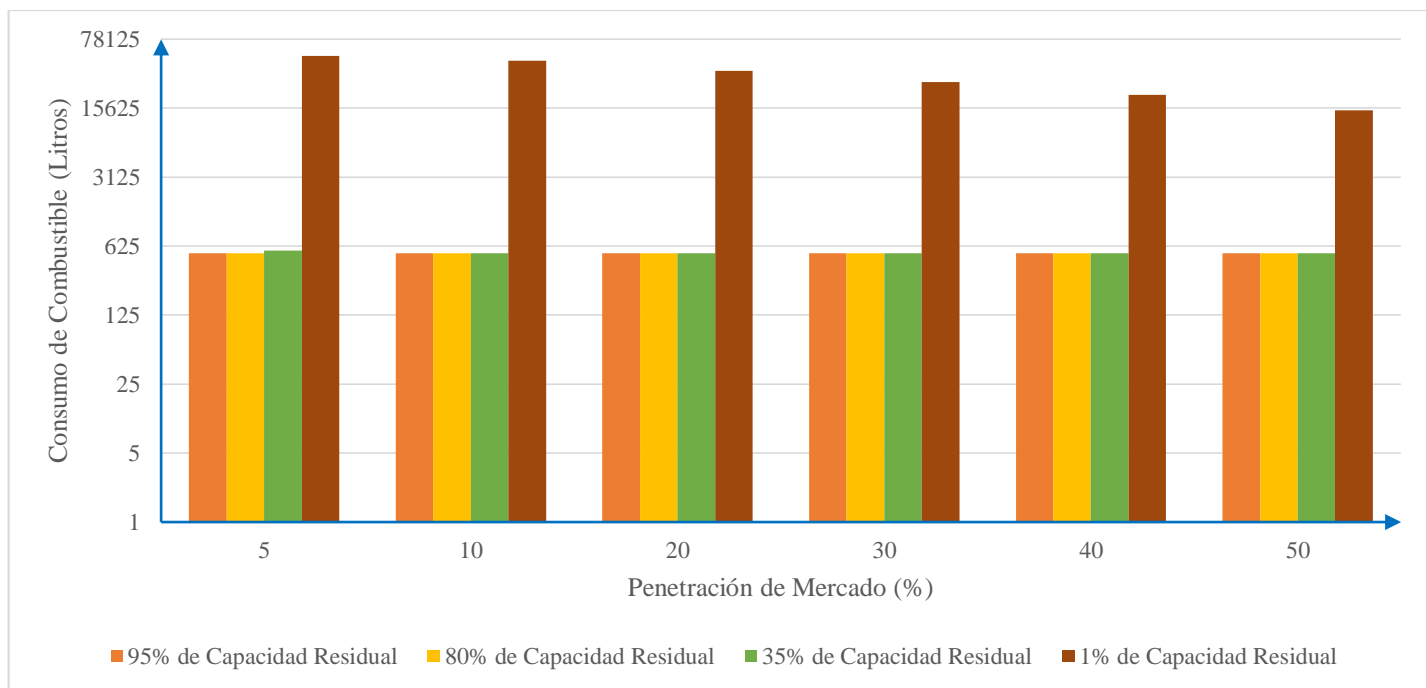
Caso III, 50% demanda
(Fuente: Elaboración propia)

Para el 50% de la demanda se logra apreciar que las disminuciones de las distintas variables no son significativas para el 95% y 80% de capacidad residual, esto se debe a la baja demanda que presentan los diferentes casos en análisis, por lo tanto se pudo concluir que a medida que la red con una demanda baja el ITS es recomendable solo para incidentes importantes

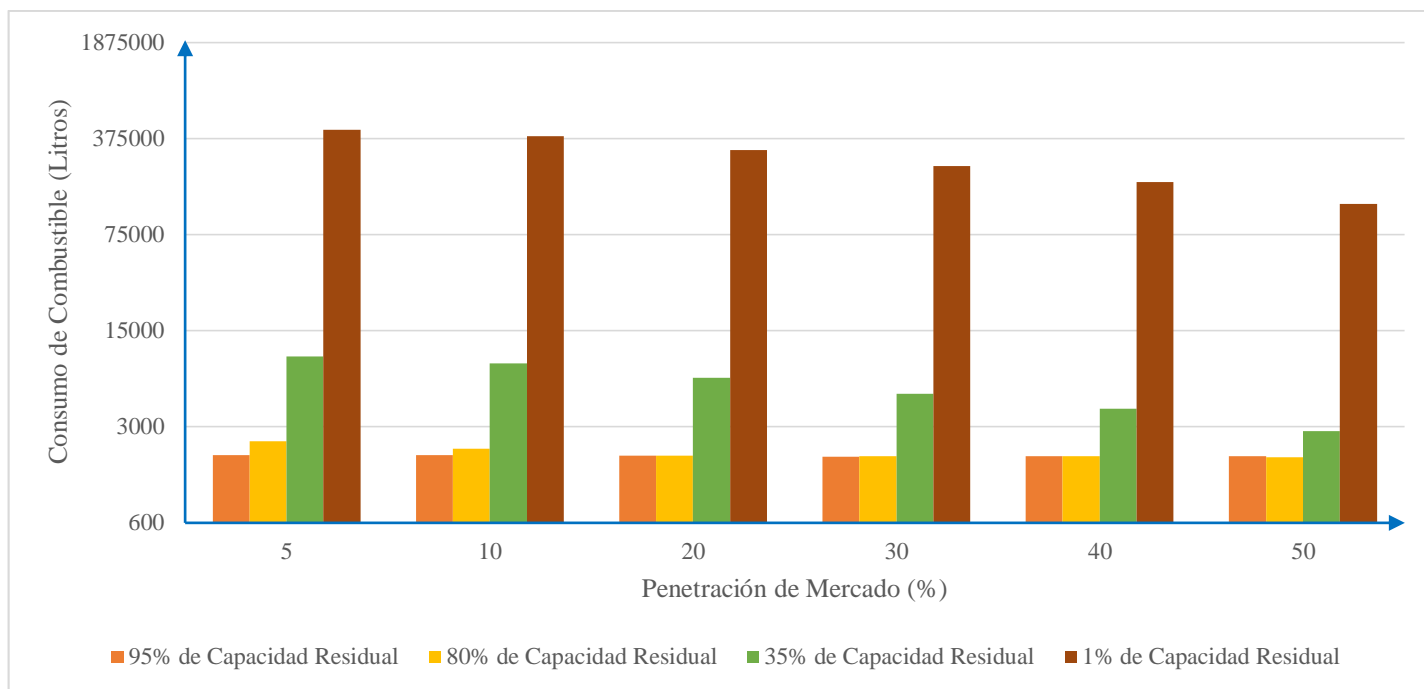
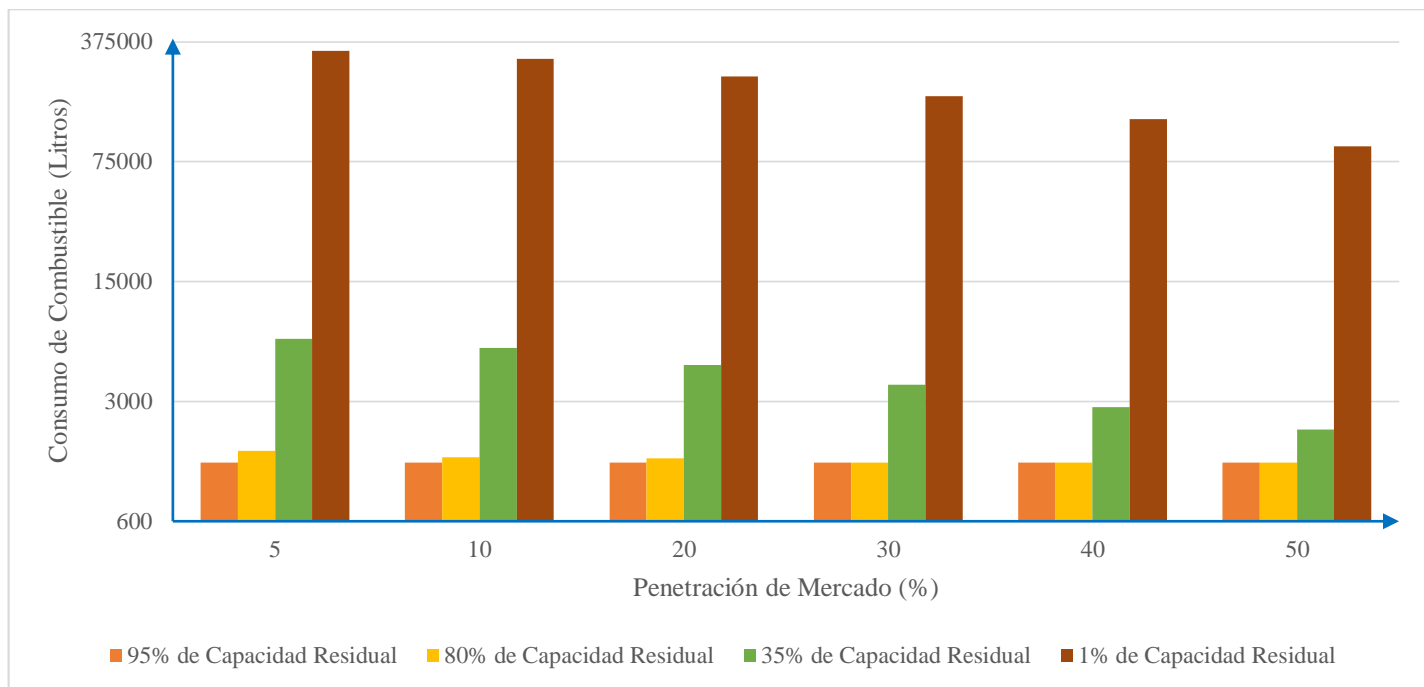
Tablas y gráficos para el 70% de demanda en los diferentes casos:

| 70% DE DEMANDA | | | | | | | | |
|---------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------|--------------------------|-------------------|--------|
| 95% de Capacidad Residual | | 80% de Capacidad Residual | | 35% de Capacidad Residual | | 1% de Capacidad Residual | | |
| % de informacion | Gasto combustible | % de informacion | Gasto combustible | % de informacion | Gasto combustible | % de informacion | Gasto combustible | |
| Caso I | 5 | 529 | 5 | 529 | 5 | 559 | 5 | 52734 |
| | 10 | 529 | 10 | 529 | 10 | 529 | 10 | 47366 |
| | 20 | 529 | 20 | 529 | 20 | 529 | 20 | 37503 |
| | 30 | 529 | 30 | 529 | 30 | 529 | 30 | 28804 |
| | 40 | 529 | 40 | 529 | 40 | 529 | 40 | 21270 |
| Caso II | 5 | 1323 | 5 | 1551 | 5 | 6947 | 5 | 333058 |
| | 10 | 1323 | 10 | 1420 | 10 | 6175 | 10 | 298959 |
| | 20 | 1323 | 20 | 1401 | 20 | 4911 | 20 | 236247 |
| | 30 | 1323 | 30 | 1323 | 30 | 3751 | 30 | 180867 |
| | 40 | 1323 | 40 | 1323 | 40 | 2793 | 40 | 132919 |
| Caso III | 5 | 1863 | 5 | 2347 | 5 | 9698 | 5 | 435295 |
| | 10 | 1863 | 10 | 2070 | 10 | 8678 | 10 | 390619 |
| | 20 | 1848 | 20 | 1836 | 20 | 6779 | 20 | 308513 |
| | 30 | 1815 | 30 | 1830 | 30 | 5206 | 30 | 236358 |
| | 40 | 1821 | 40 | 1825 | 40 | 4035 | 40 | 181049 |
| | 50 | 1821 | 50 | 1801 | 50 | 2774 | 50 | 125775 |

Resultados Consumo combustible, 70% demanda
(Fuente: Elaboración propia)



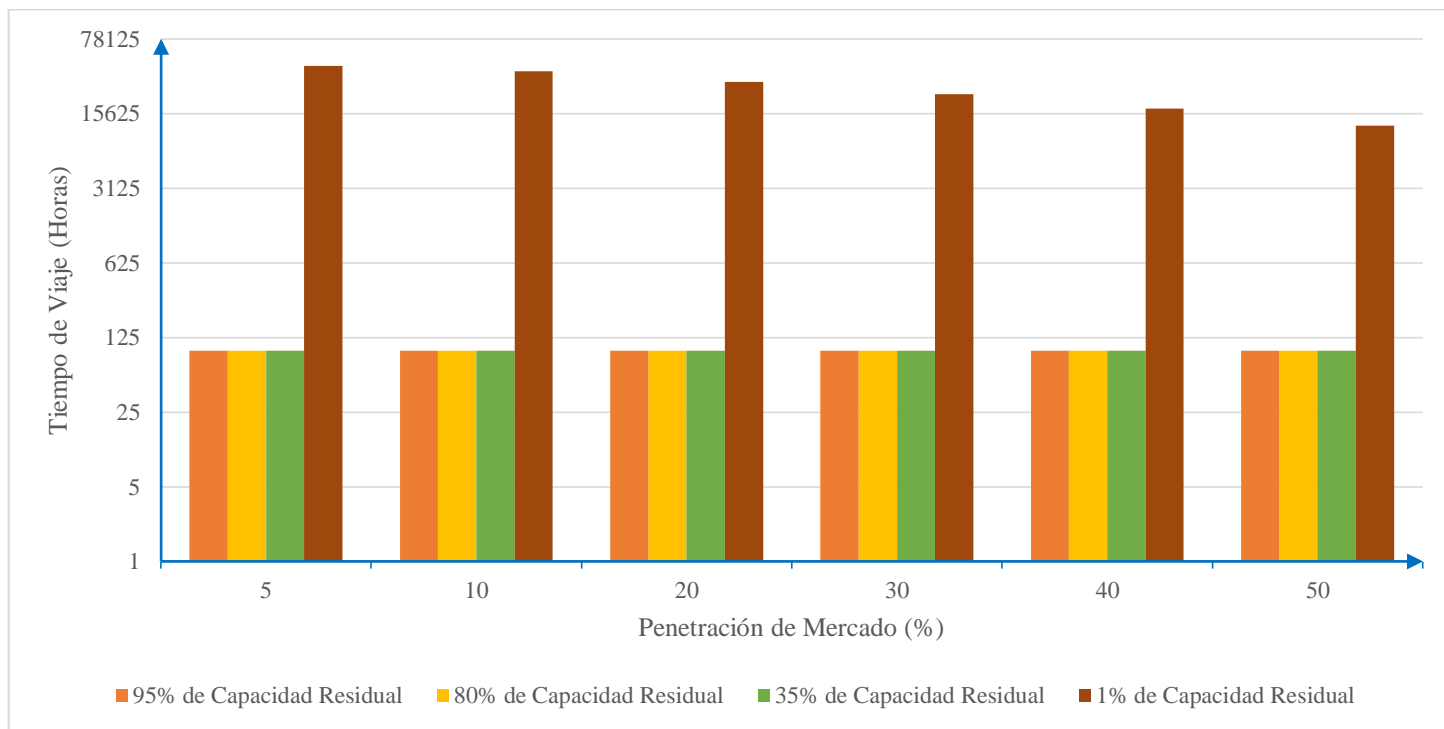
Caso I, 70% demanda
(Fuente: Elaboración propia)



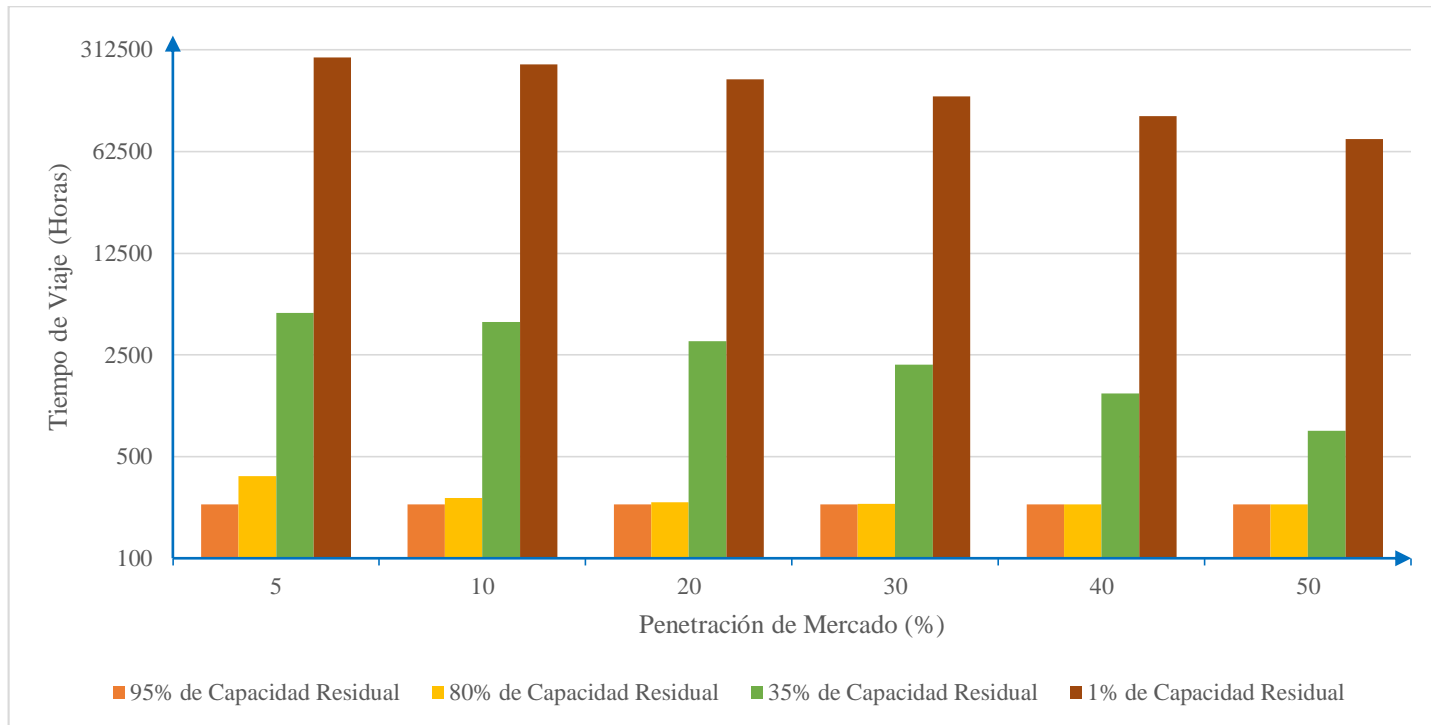
Caso III, 70% demanda
(Fuente: Elaboración propia)

| 70% DE DEMANDA | | | | | | | |
|---------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------|--------------------------|-----------------|
| 95% de Capacidad Residual | | 80% de Capacidad Residual | | 35% de Capacidad Residual | | 1% de Capacidad Residual | |
| % de informacion | Tiempo de Viaje | % de informacion | Tiempo de Viaje | % de informacion | Tiempo de Viaje | % de informacion | Tiempo de Viaje |
| Caso I | 5 | 94 | 5 | 94 | 5 | 94 | 43574 |
| | 10 | 94 | 10 | 94 | 10 | 94 | 39102 |
| | 20 | 94 | 20 | 94 | 20 | 94 | 30886 |
| | 30 | 94 | 30 | 94 | 30 | 94 | 23639 |
| | 40 | 94 | 40 | 94 | 40 | 94 | 17363 |
| | 50 | 94 | 50 | 94 | 50 | 94 | 12058 |
| Caso II | 5 | 236 | 5 | 367 | 5 | 4863 | 276622 |
| | 10 | 236 | 10 | 260 | 10 | 4223 | 248210 |
| | 20 | 236 | 20 | 244 | 20 | 3105 | 195885 |
| | 30 | 236 | 30 | 237 | 30 | 2148 | 149745 |
| | 40 | 236 | 40 | 236 | 40 | 1360 | 109799 |
| | 50 | 236 | 50 | 236 | 50 | 754 | 76059 |
| Caso III | 5 | 377 | 5 | 782 | 5 | 6907 | 361572 |
| | 10 | 377 | 10 | 556 | 10 | 6063 | 324347 |
| | 20 | 365 | 20 | 367 | 20 | 4492 | 255937 |
| | 30 | 338 | 30 | 360 | 30 | 3193 | 195820 |
| | 40 | 343 | 40 | 357 | 40 | 2227 | 149738 |
| | 50 | 348 | 50 | 338 | 50 | 1191 | 103690 |

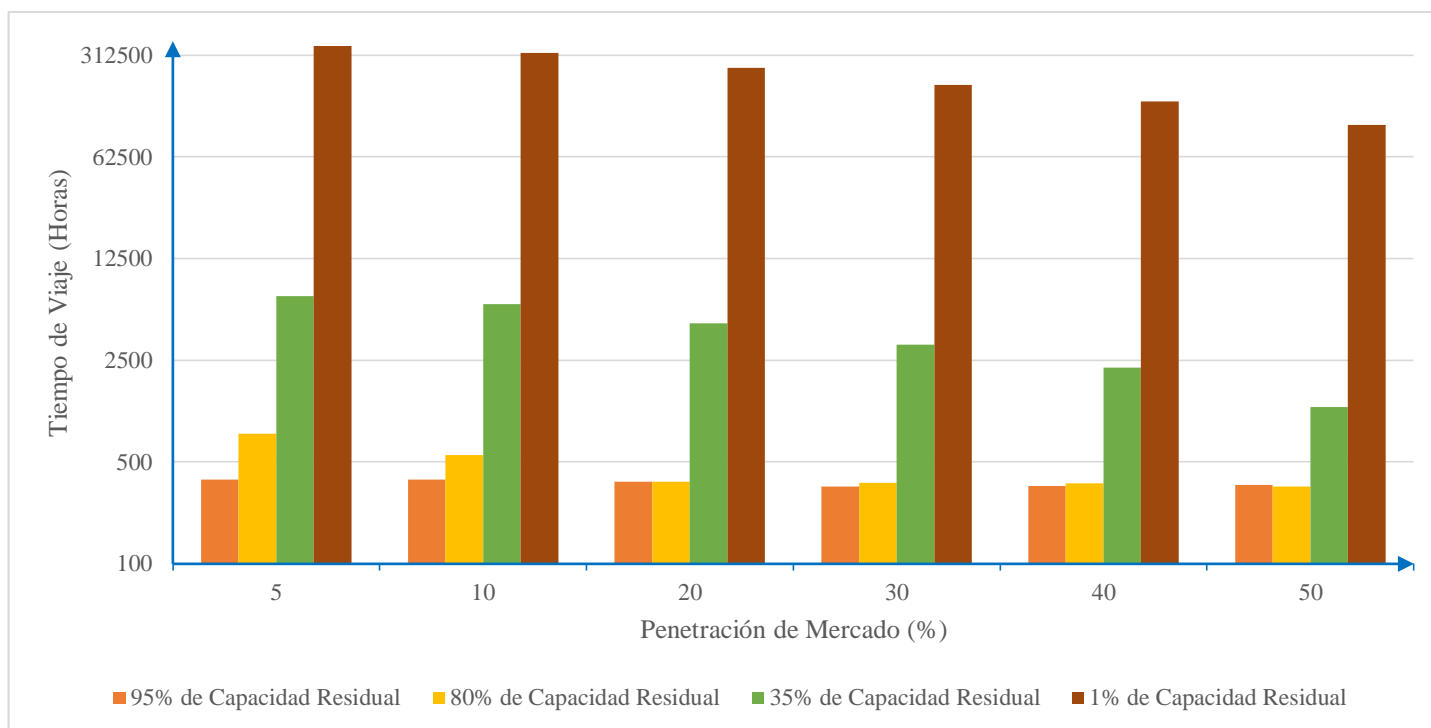
Resultados Tiempos de viaje, 70% demanda
(Fuente: Elaboración propia)



Caso I, 70% demanda
(Fuente: Elaboración propia)



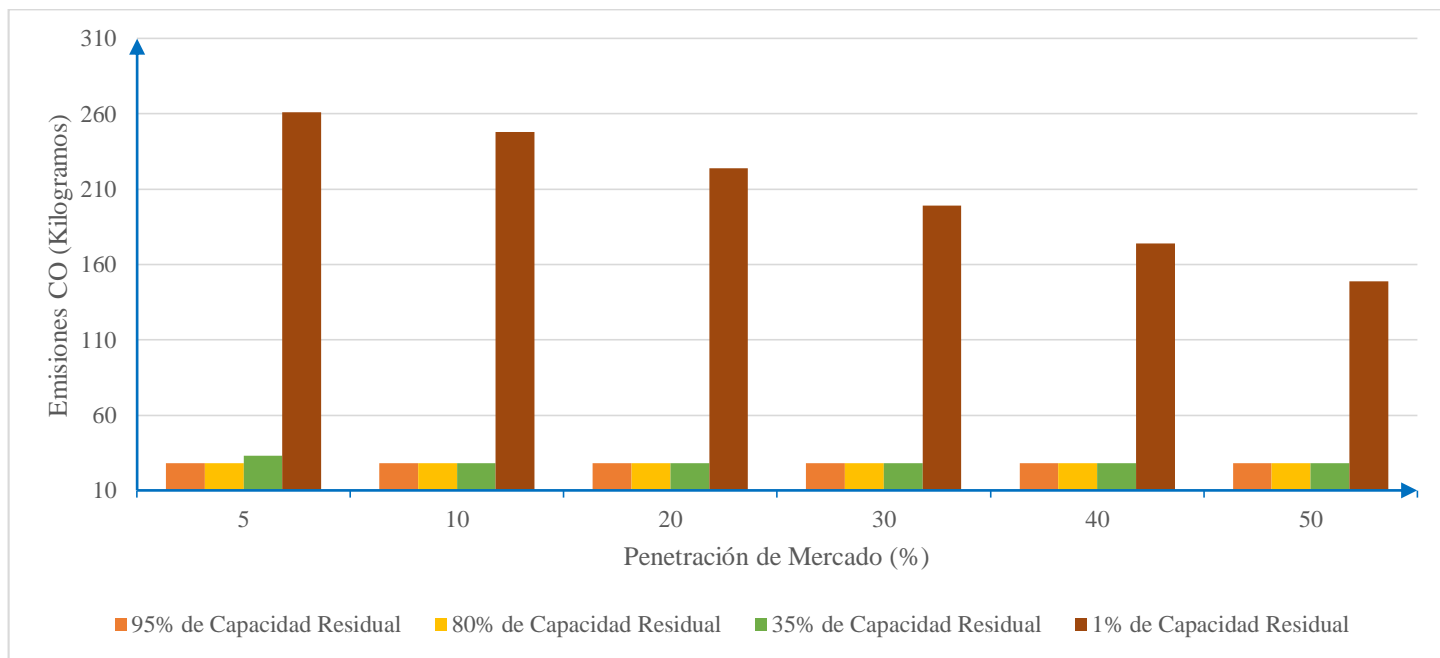
Caso II, 70% demanda
(Fuente: Elaboración propia)



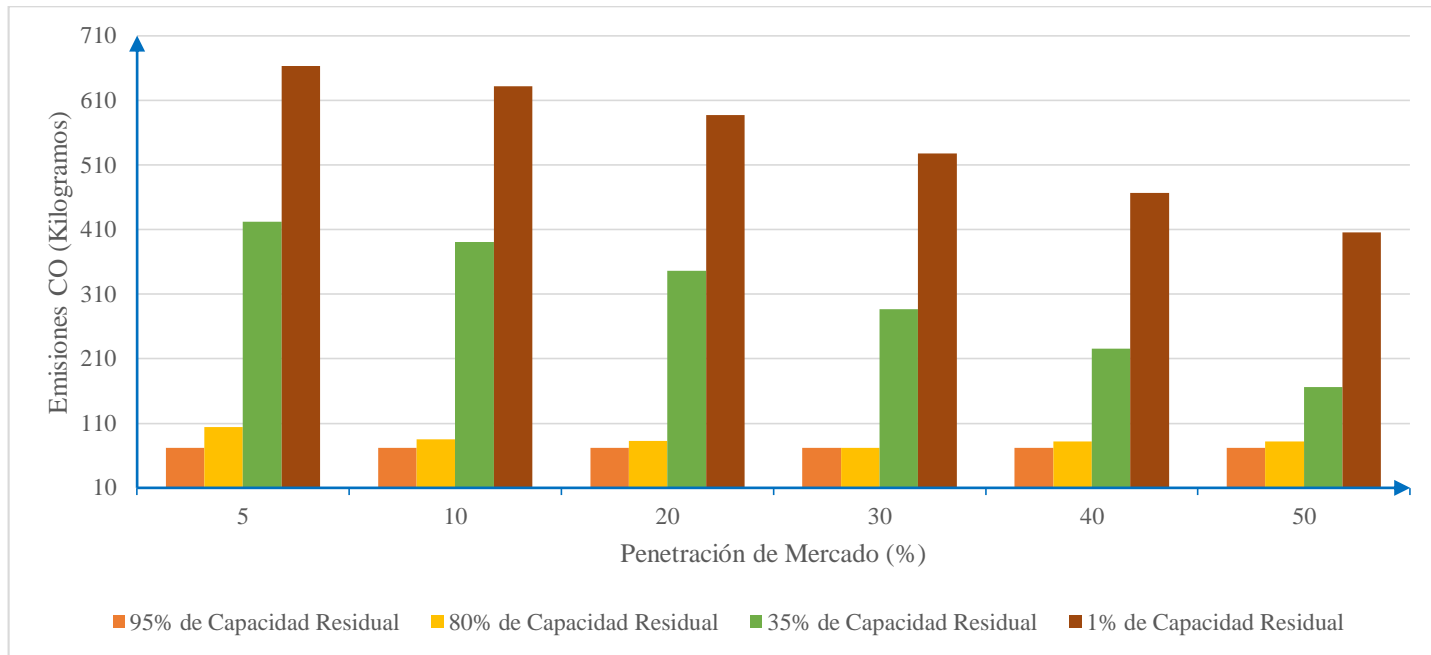
Caso III, 70% demanda
(Fuente: Elaboración propia)

| 70% DE DEMANDA | | | | | | | | |
|---------------------------|---------------|---------------------------|---------------|---------------------------|---------------|--------------------------|---------------|-----|
| 95% de Capacidad Residual | | 80% de Capacidad Residual | | 35% de Capacidad Residual | | 1% de Capacidad Residual | | |
| % de informacion | Emissiones CO | % de informacion | Emissiones CO | % de informacion | Emissiones CO | % de informacion | Emissiones CO | |
| Caso I | 5 | 28 | 5 | 28 | 5 | 33 | 5 | 261 |
| | 10 | 28 | 10 | 28 | 10 | 28 | 10 | 248 |
| | 20 | 28 | 20 | 28 | 20 | 28 | 20 | 224 |
| | 30 | 28 | 30 | 28 | 30 | 28 | 30 | 199 |
| | 40 | 28 | 40 | 28 | 40 | 28 | 40 | 174 |
| | 50 | 28 | 50 | 28 | 50 | 28 | 50 | 149 |
| Caso II | 5 | 72 | 5 | 104 | 5 | 422 | 5 | 663 |
| | 10 | 72 | 10 | 85 | 10 | 391 | 10 | 632 |
| | 20 | 72 | 20 | 83 | 20 | 346 | 20 | 587 |
| | 30 | 72 | 30 | 72 | 30 | 287 | 30 | 528 |
| | 40 | 72 | 40 | 82 | 40 | 226 | 40 | 467 |
| | 50 | 72 | 50 | 82 | 50 | 166 | 50 | 406 |
| Caso III | 5 | 127 | 5 | 189 | 5 | 542 | 5 | 784 |
| | 10 | 127 | 10 | 156 | 10 | 510 | 10 | 751 |
| | 20 | 124 | 20 | 124 | 20 | 437 | 20 | 678 |
| | 30 | 120 | 30 | 124 | 30 | 370 | 30 | 611 |
| | 40 | 121 | 40 | 124 | 40 | 309 | 40 | 550 |
| | 50 | 122 | 50 | 119 | 50 | 221 | 50 | 469 |

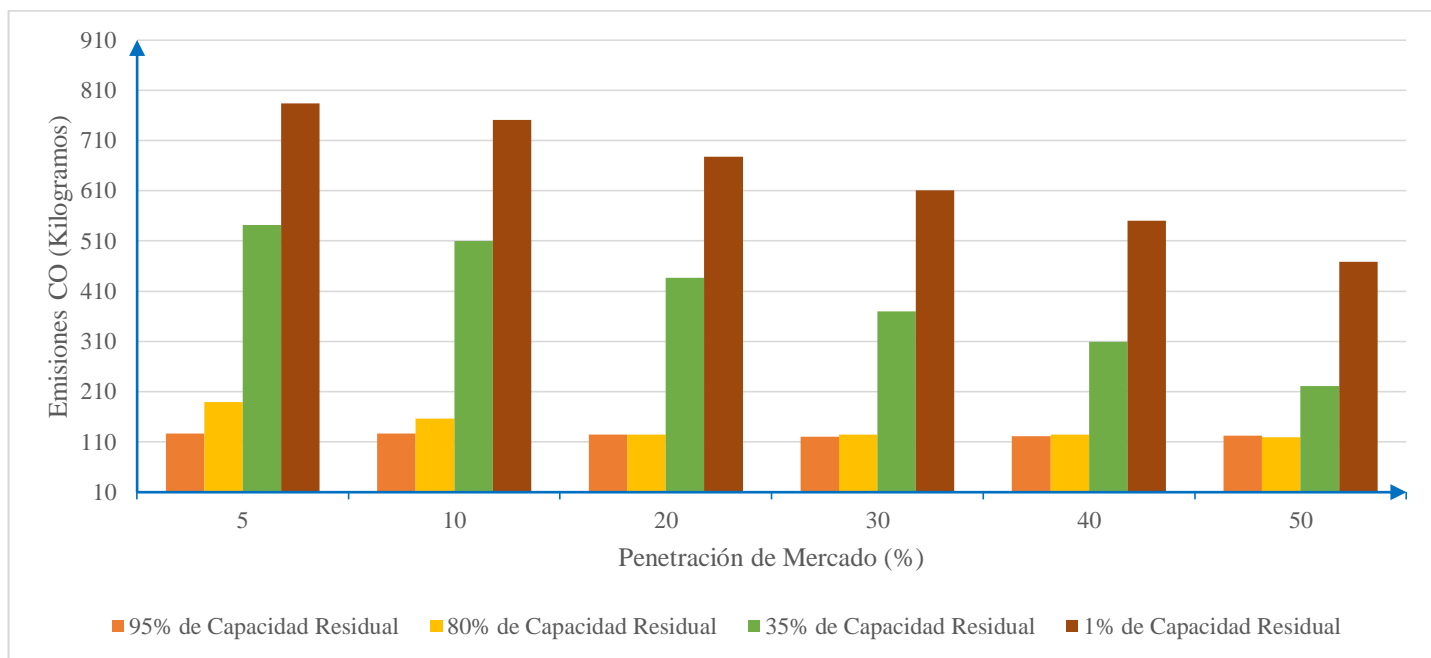
Resultados Emisiones CO, 70% demanda
(Fuente: Elaboración propia)



Caso I, 70% demanda
(Fuente: Elaboración propia)



Caso II, 70% demanda
(Fuente: Elaboración propia)

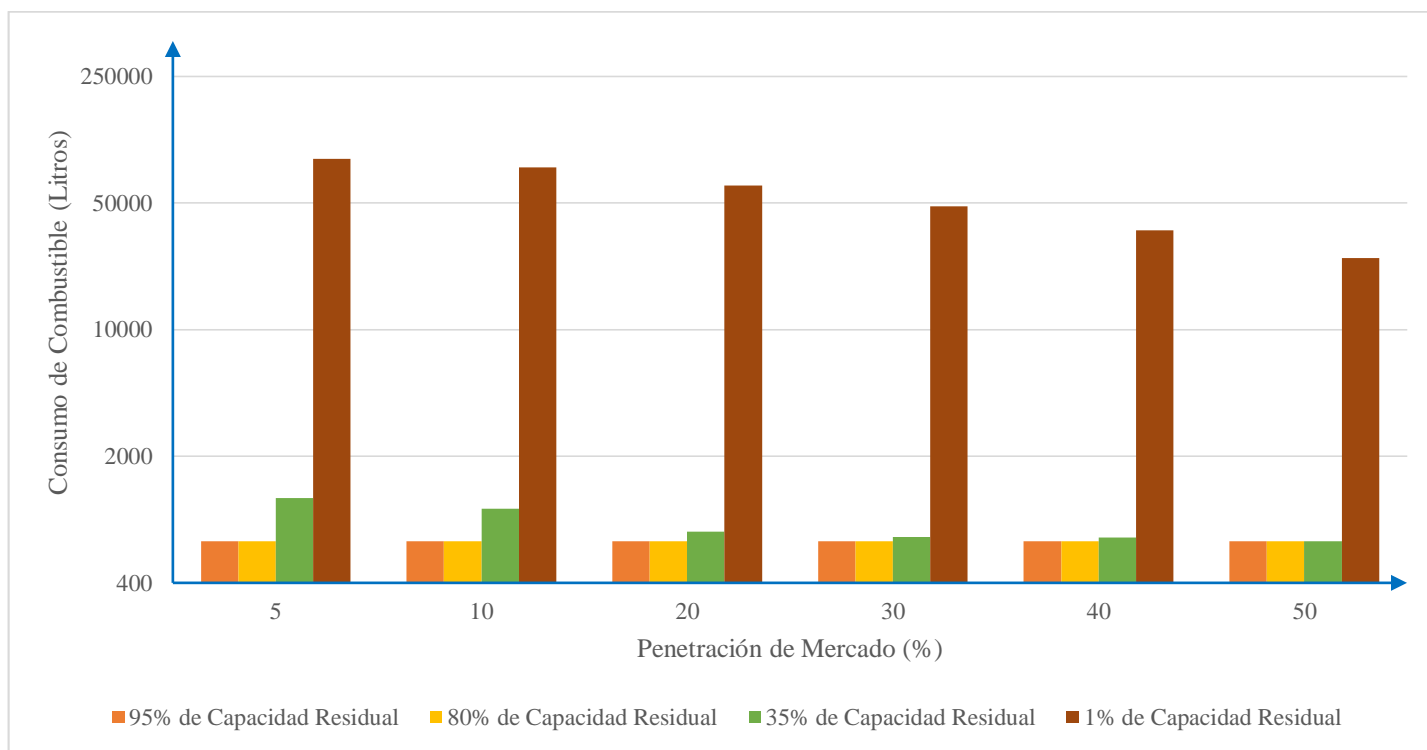


Caso II, 70% demanda
(Fuente: Elaboración propia)

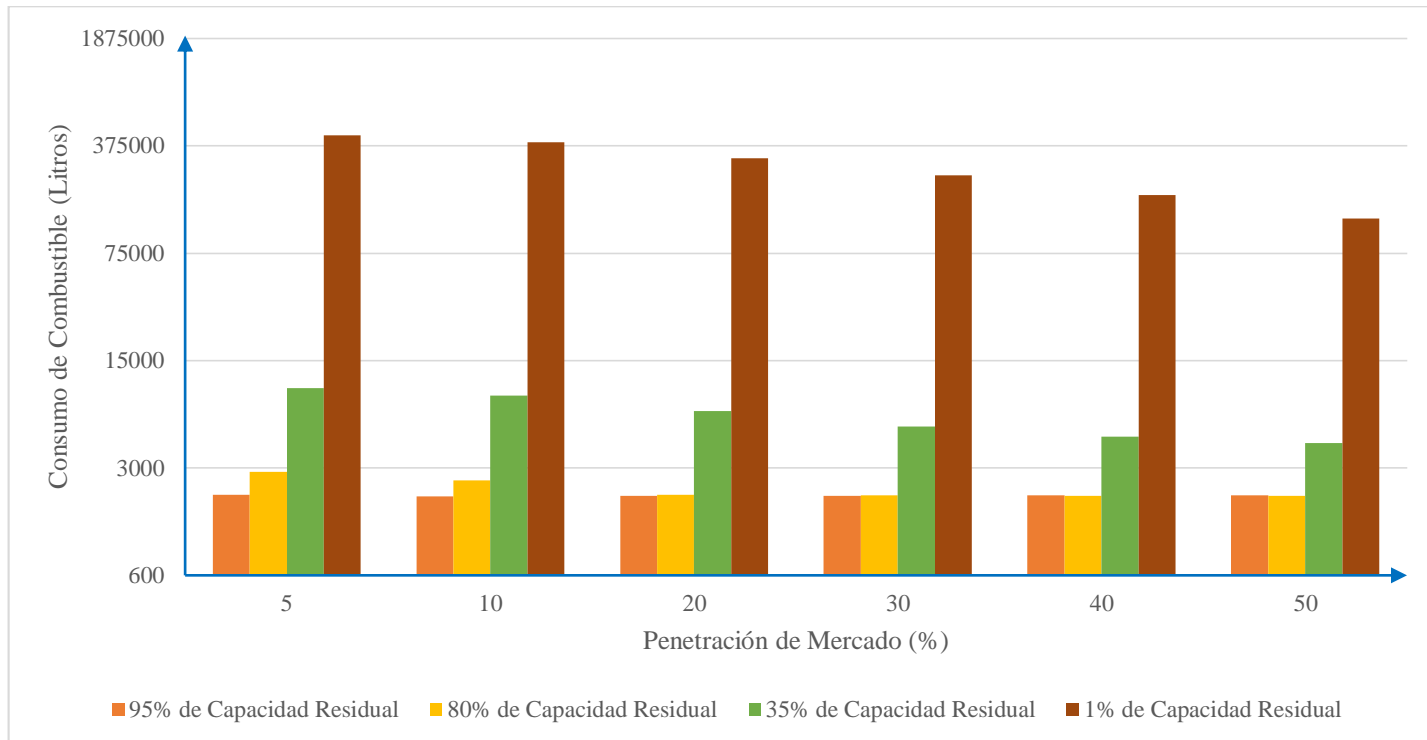
Tablas y gráficos para el 90% de demanda para los diferentes casos

| | | 90% DE DEMANDA | | | | | | | |
|----------|----|---------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------|--------------------------|-------------------|
| | | 95% de Capacidad Residual | | 80% de Capacidad Residual | | 35% de Capacidad Residual | | 1% de Capacidad Residual | |
| | | % de informacion | Gasto combustible | % de informacion | Gasto combustible | % de informacion | Gasto combustible | % de informacion | Gasto combustible |
| Caso I | 5 | 680 | 680 | 680 | 680 | 1178 | 1178 | 87561 | 87561 |
| | 10 | 680 | 680 | 680 | 680 | 1026 | 1026 | 78657 | 78657 |
| | 20 | 680 | 680 | 680 | 680 | 764 | 764 | 62293 | 62293 |
| | 30 | 680 | 680 | 680 | 680 | 715 | 715 | 47853 | 47853 |
| | 40 | 680 | 680 | 680 | 680 | 710 | 710 | 35338 | 35338 |
| Caso II | 5 | 2016 | 2016 | 2828 | 2828 | 9973 | 9973 | 441055 | 441055 |
| | 10 | 1967 | 1967 | 2497 | 2497 | 8918 | 8918 | 395592 | 395592 |
| | 20 | 1972 | 1972 | 2010 | 2010 | 7039 | 7039 | 312559 | 312559 |
| | 30 | 1975 | 1975 | 1985 | 1985 | 5585 | 5585 | 241783 | 241783 |
| | 40 | 1990 | 1990 | 1980 | 1980 | 4800 | 4800 | 179259 | 179259 |
| Caso III | 5 | 2344 | 2344 | 2862 | 2862 | 10359 | 10359 | 443699 | 443699 |
| | 10 | 2317 | 2317 | 2554 | 2554 | 9281 | 9281 | 398094 | 398094 |
| | 20 | 2281 | 2281 | 2451 | 2451 | 7371 | 7371 | 314581 | 314581 |
| | 30 | 2212 | 2212 | 2321 | 2321 | 5744 | 5744 | 240952 | 240952 |
| | 40 | 2188 | 2188 | 2254 | 2254 | 4900 | 4900 | 177706 | 177706 |
| | 50 | 2152 | 2152 | 2188 | 2188 | 4398 | 4398 | 124402 | 124402 |

Consumo de Combustible, 90% demanda
(Fuente: Elaboración propia)



Caso I, 90% demanda
(Fuente: Elaboración propia)



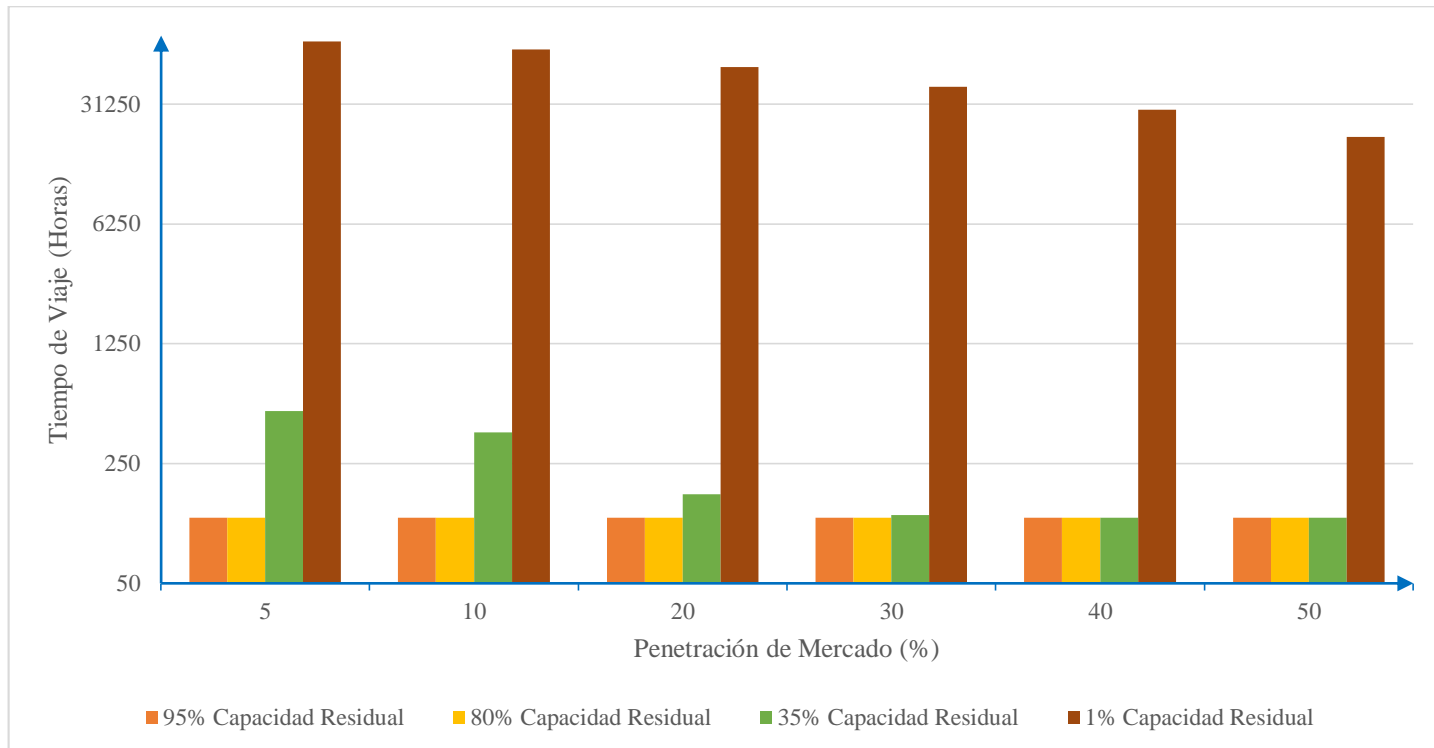
Caso II, 90% demanda

(Fuente: Elaboración propia)

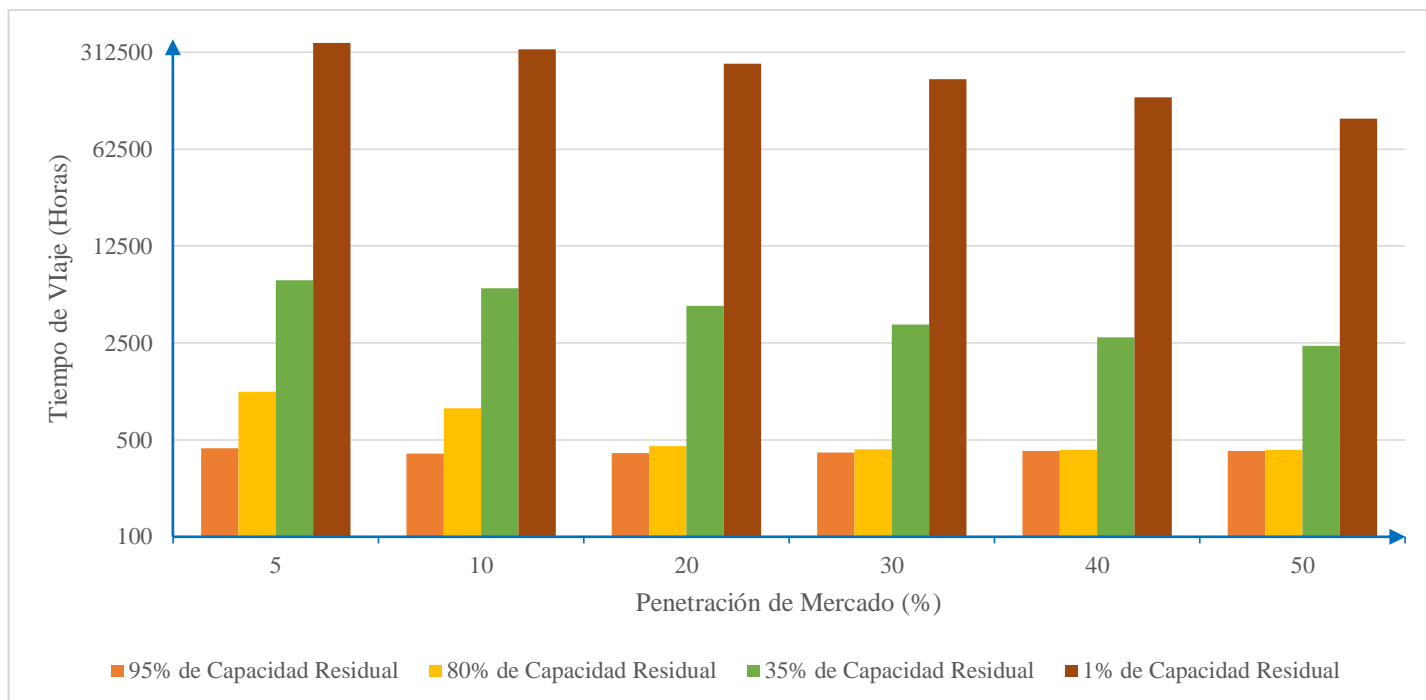
| | | 90% DE DEMANDA | | | | | | | |
|----------|----|---------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------|--------------------------|-----------------|
| | | 95% de Capacidad Residual | | 80% de Capacidad Residual | | 35% de Capacidad Residual | | 1% de Capacidad Residual | |
| | | % de inform | Tiempo de Viaje | % de informacion | Tiempo de Viaje | % de informacion | Tiempo de Viaje | % de informacion | Tiempo de Viaje |
| Caso I | 5 | | 121 | 5 | 121 | 5 | 505 | 5 | 72492 |
| | 10 | | 121 | 10 | 121 | 10 | 380 | 10 | 65073 |
| | 20 | | 121 | 20 | 121 | 20 | 165 | 20 | 51439 |
| | 30 | | 121 | 30 | 121 | 30 | 125 | 30 | 39409 |
| | 40 | | 121 | 40 | 121 | 40 | 121 | 40 | 28983 |
| Caso II | 5 | | 436 | 5 | 1114 | 5 | 7068 | 5 | 366303 |
| | 10 | | 396 | 10 | 844 | 10 | 6195 | 10 | 328422 |
| | 20 | | 400 | 20 | 448 | 20 | 4640 | 20 | 259240 |
| | 30 | | 403 | 30 | 428 | 30 | 3401 | 30 | 200233 |
| | 40 | | 415 | 40 | 424 | 40 | 2749 | 40 | 148132 |
| Caso III | 5 | | 507 | 5 | 940 | 5 | 7187 | 5 | 368304 |
| | 10 | | 485 | 10 | 689 | 10 | 6295 | 10 | 330305 |
| | 20 | | 479 | 20 | 522 | 20 | 4715 | 20 | 260723 |
| | 30 | | 468 | 30 | 511 | 30 | 3370 | 30 | 199377 |
| | 40 | | 457 | 40 | 502 | 40 | 2599 | 40 | 146604 |
| | 50 | | 449 | 50 | 498 | 50 | 2184 | 50 | 102187 |

Tiempo de Viaje, 90% demanda

(Fuente: Elaboración propia)



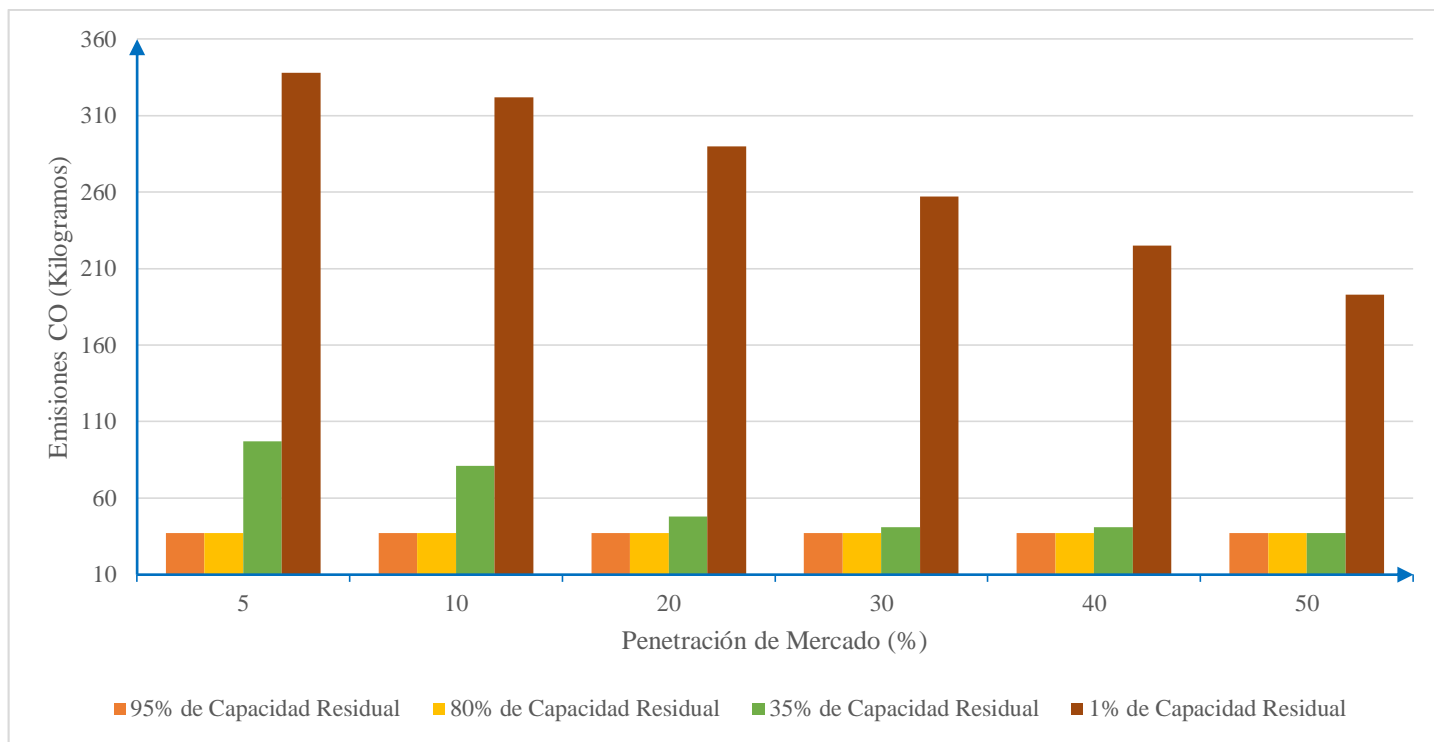
Caso I, 90% demanda
(Fuente: Elaboración propia)



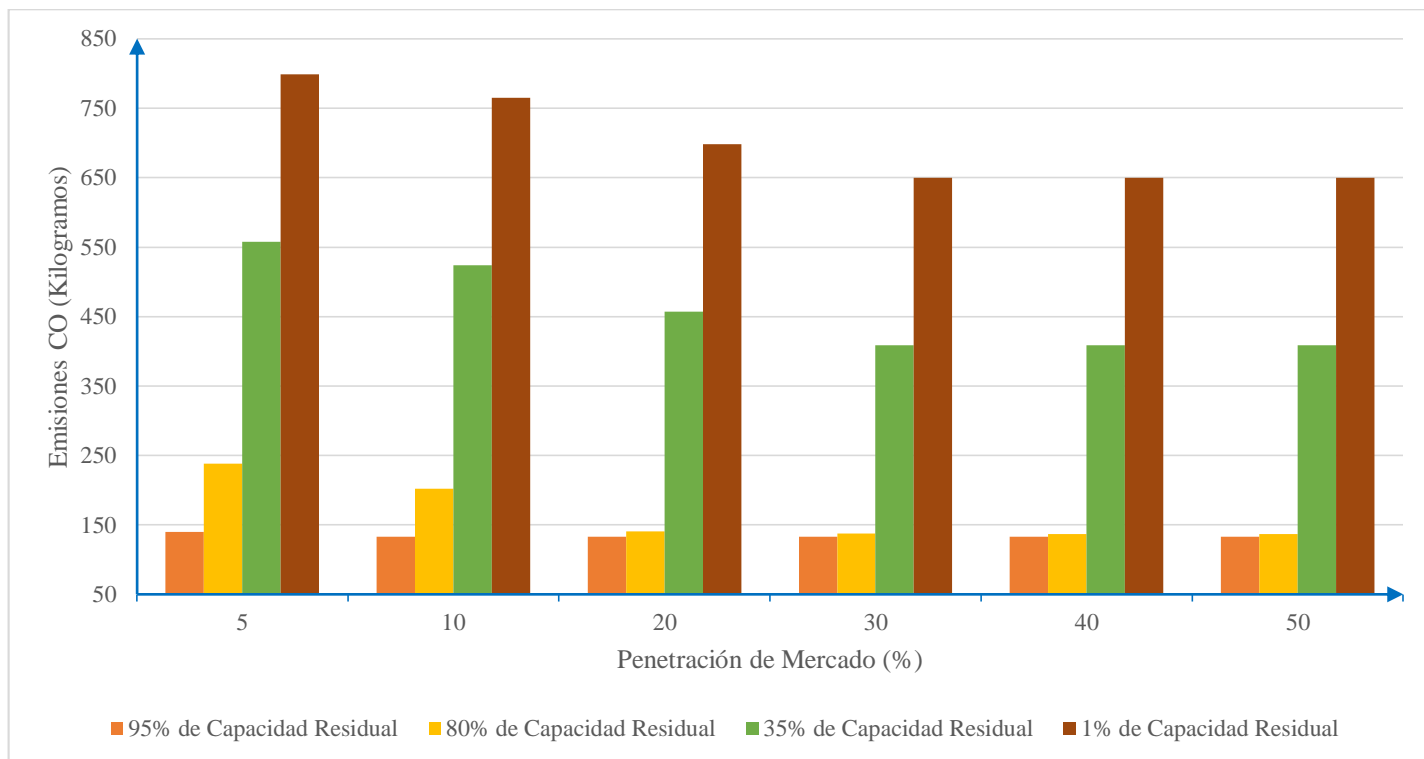
Caso II, 90% demanda
(Fuente: Elaboración propia)

| 90% DE DEMANDA | | | | | | | | | |
|------------------|----|------------------|----|------------------|----|------------------|----|-----|--|
| 95% de Capacidad | | 80% de Capacidad | | 35% de Capacidad | | 1% de Capacidad | | | |
| % de informacion | CO | % de informacion | CO | % de informacion | CO | % de informacion | CO | | |
| Caso I | 5 | 37 | 5 | 37 | 5 | 97 | 5 | 338 | |
| | 10 | 37 | 10 | 37 | 10 | 81 | 10 | 322 | |
| | 20 | 37 | 20 | 37 | 20 | 48 | 20 | 290 | |
| | 30 | 37 | 30 | 37 | 30 | 41 | 30 | 257 | |
| | 40 | 37 | 40 | 37 | 40 | 41 | 40 | 225 | |
| | 50 | 37 | 50 | 37 | 50 | 37 | 50 | 193 | |
| Caso II | 5 | 140 | 5 | 238 | 5 | 558 | 5 | 799 | |
| | 10 | 133 | 10 | 202 | 10 | 524 | 10 | 765 | |
| | 20 | 133 | 20 | 141 | 20 | 457 | 20 | 698 | |
| | 30 | 133 | 30 | 138 | 30 | 409 | 30 | 650 | |
| | 40 | 133 | 40 | 137 | 40 | 409 | 40 | 650 | |
| | 50 | 133 | 50 | 137 | 50 | 409 | 50 | 650 | |
| Caso III | 5 | 163 | 5 | 229 | 5 | 584 | 5 | 824 | |
| | 10 | 160 | 10 | 192 | 10 | 546 | 10 | 787 | |
| | 20 | 158 | 20 | 181 | 20 | 476 | 20 | 717 | |
| | 30 | 157 | 30 | 172 | 30 | 421 | 30 | 647 | |
| | 40 | 154 | 40 | 165 | 40 | 405 | 40 | 622 | |
| | 50 | 150 | 50 | 160 | 50 | 391 | 50 | 601 | |

Emissiones, CO, 90% demanda
(Fuente: Elaboración propia)



Caso I, 90% demanda
(Fuente: Elaboración propia)

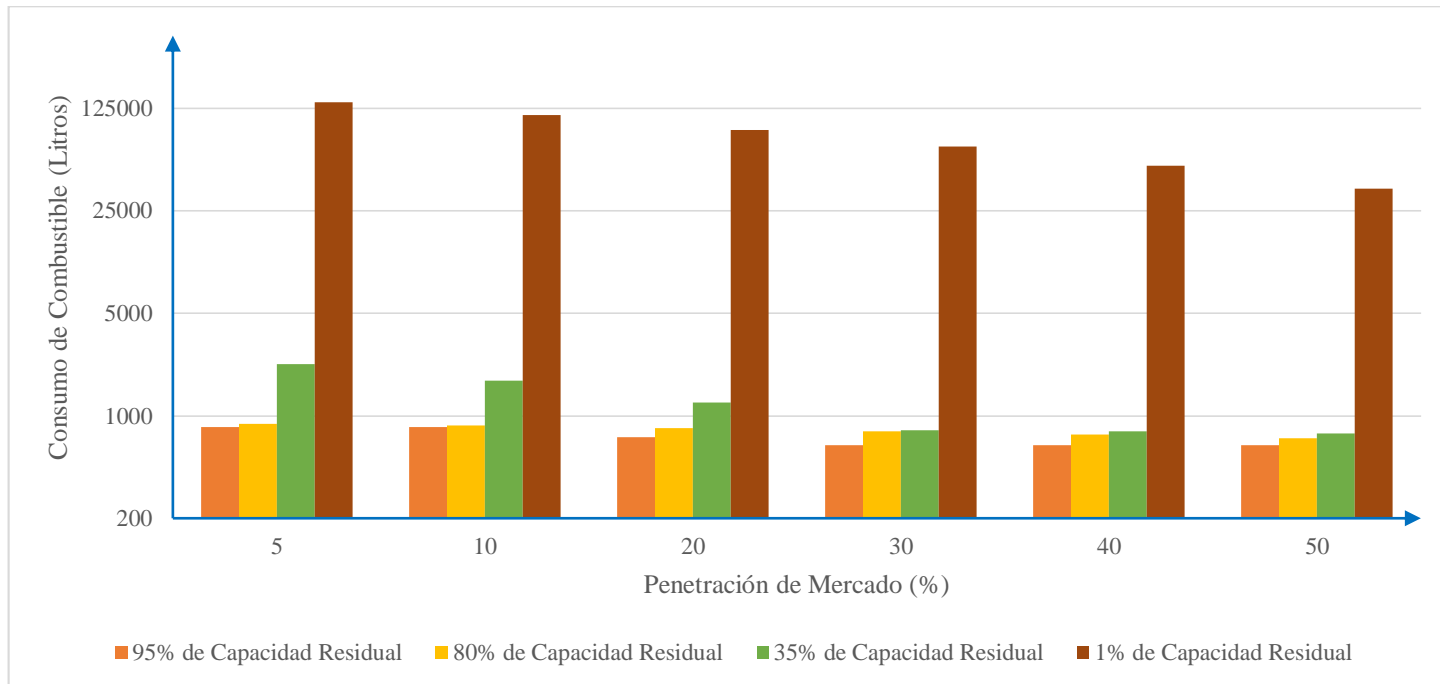


Caso II, 90% demanda
(Fuente: Elaboración propia)

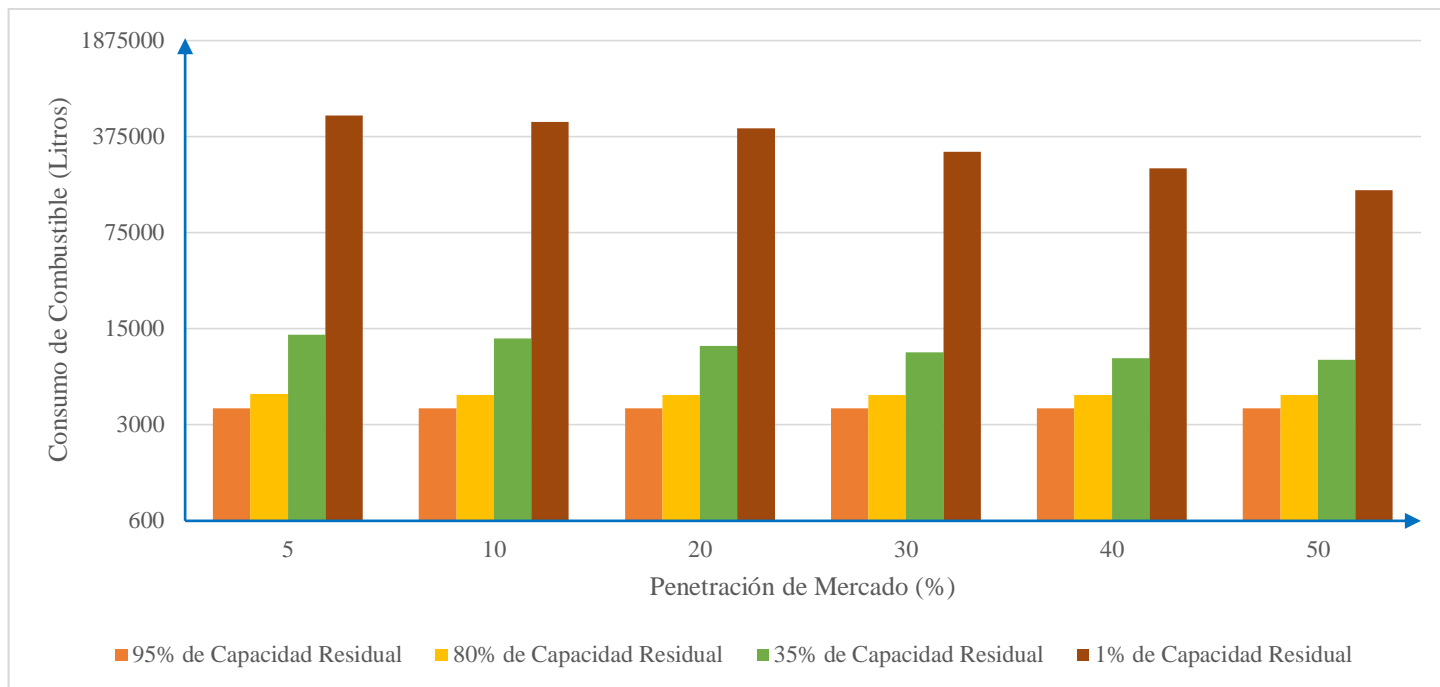
Tablas y gráficos para el 110% de demanda para los diferentes casos

| | | 110% DE DEMANDA | | | | | | | |
|----------|----|---------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------|--------------------------|-------------------|
| | | 95% de Capacidad Residual | | 80% de Capacidad Residual | | 35% de Capacidad Residual | | 1% de Capacidad Residual | |
| | | % de informacion | Gasto combustible | % de informacion | Gasto combustible | % de informacion | Gasto combustible | % de informacion | Gasto combustible |
| Caso I | 5 | 5 | 839 | 5 | 881 | 5 | 2253 | 5 | 137148 |
| | 10 | 10 | 839 | 10 | 864 | 10 | 1740 | 10 | 112602 |
| | 20 | 20 | 714 | 20 | 825 | 20 | 1232 | 20 | 89261 |
| | 30 | 30 | 631 | 30 | 786 | 30 | 802 | 30 | 68549 |
| | 40 | 40 | 631 | 40 | 745 | 40 | 788 | 40 | 50683 |
| | 50 | 50 | 631 | 50 | 702 | 50 | 761 | 50 | 35475 |
| Caso II | 5 | 5 | 3953 | 5 | 5008 | 5 | 13574 | 5 | 531396 |
| | 10 | 10 | 3953 | 10 | 4947 | 10 | 12718 | 10 | 477167 |
| | 20 | 20 | 3953 | 20 | 4933 | 20 | 11193 | 20 | 429441 |
| | 30 | 30 | 3953 | 30 | 4932 | 30 | 10048 | 30 | 291030 |
| | 40 | 40 | 3953 | 40 | 4932 | 40 | 9159 | 40 | 219155 |
| | 50 | 50 | 3953 | 50 | 4932 | 50 | 8893 | 50 | 152227 |
| Caso III | 5 | 5 | 4683 | 5 | 5342 | 5 | 14262 | 5 | 529822 |
| | 10 | 10 | 4683 | 10 | 5318 | 10 | 13318 | 10 | 476037 |
| | 20 | 20 | 4683 | 20 | 5313 | 20 | 11726 | 20 | 377332 |
| | 30 | 30 | 4683 | 30 | 5312 | 30 | 10576 | 30 | 290447 |
| | 40 | 40 | 4683 | 40 | 5312 | 40 | 9730 | 40 | 215383 |
| | 50 | 50 | 4683 | 50 | 5312 | 50 | 9352 | 50 | 152136 |

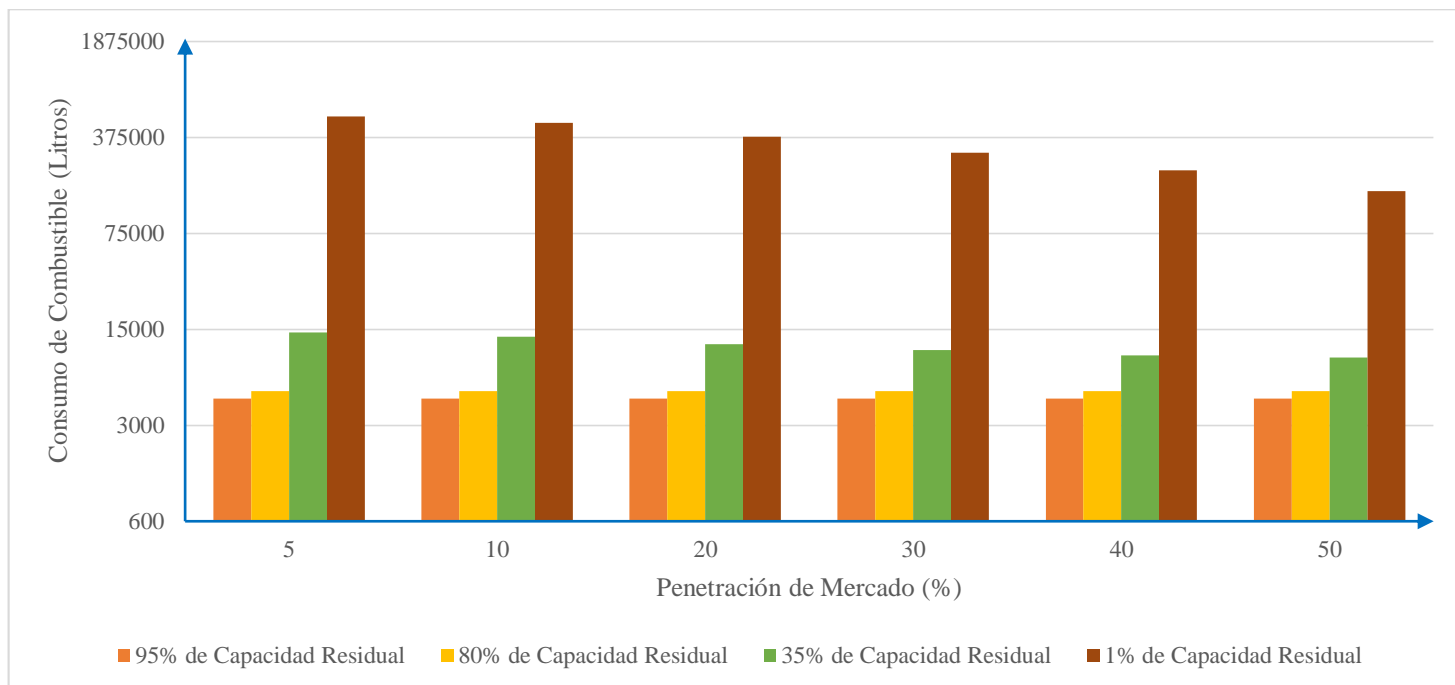
Consumo de Combustible, 110% demanda
(Fuente: Elaboración propia)



Caso I, 110% demanda
(Fuente: Elaboración propia)



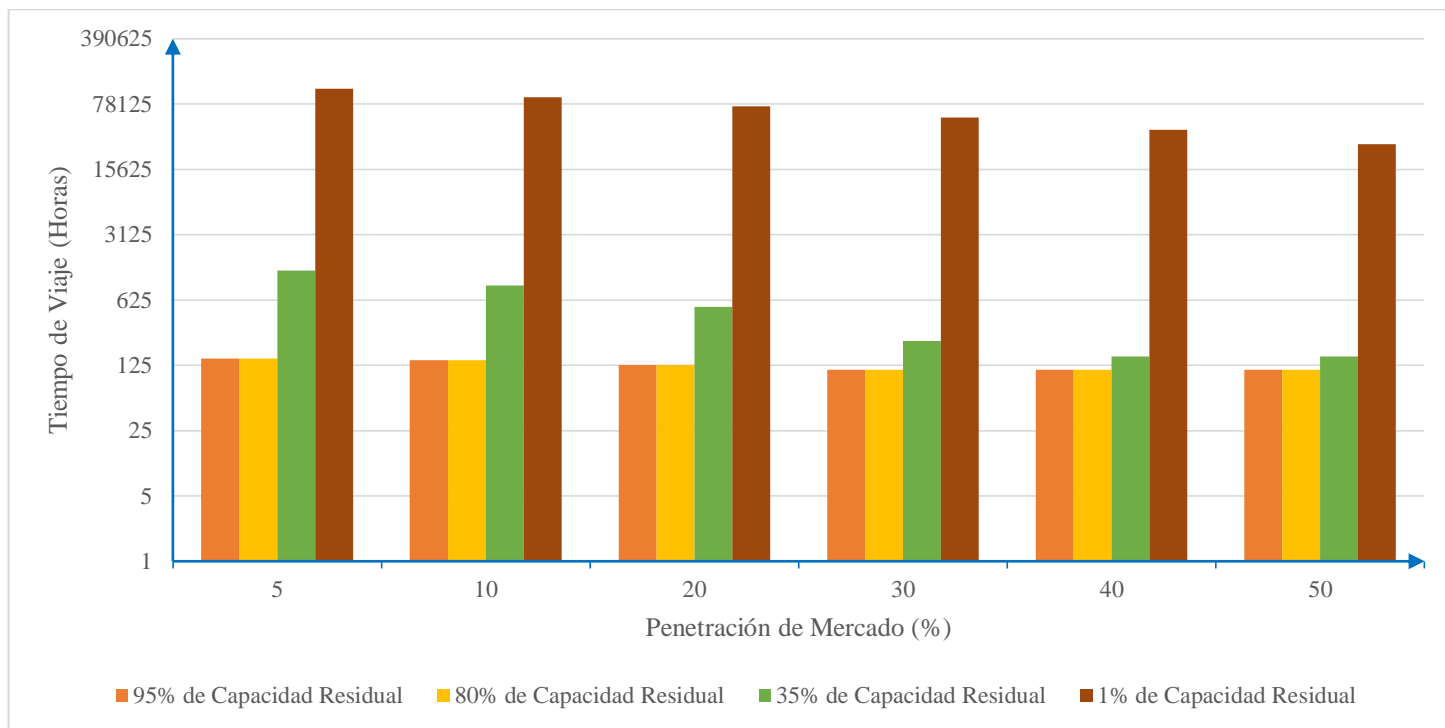
Caso II, 110% demanda
(Fuente: Elaboración propia)



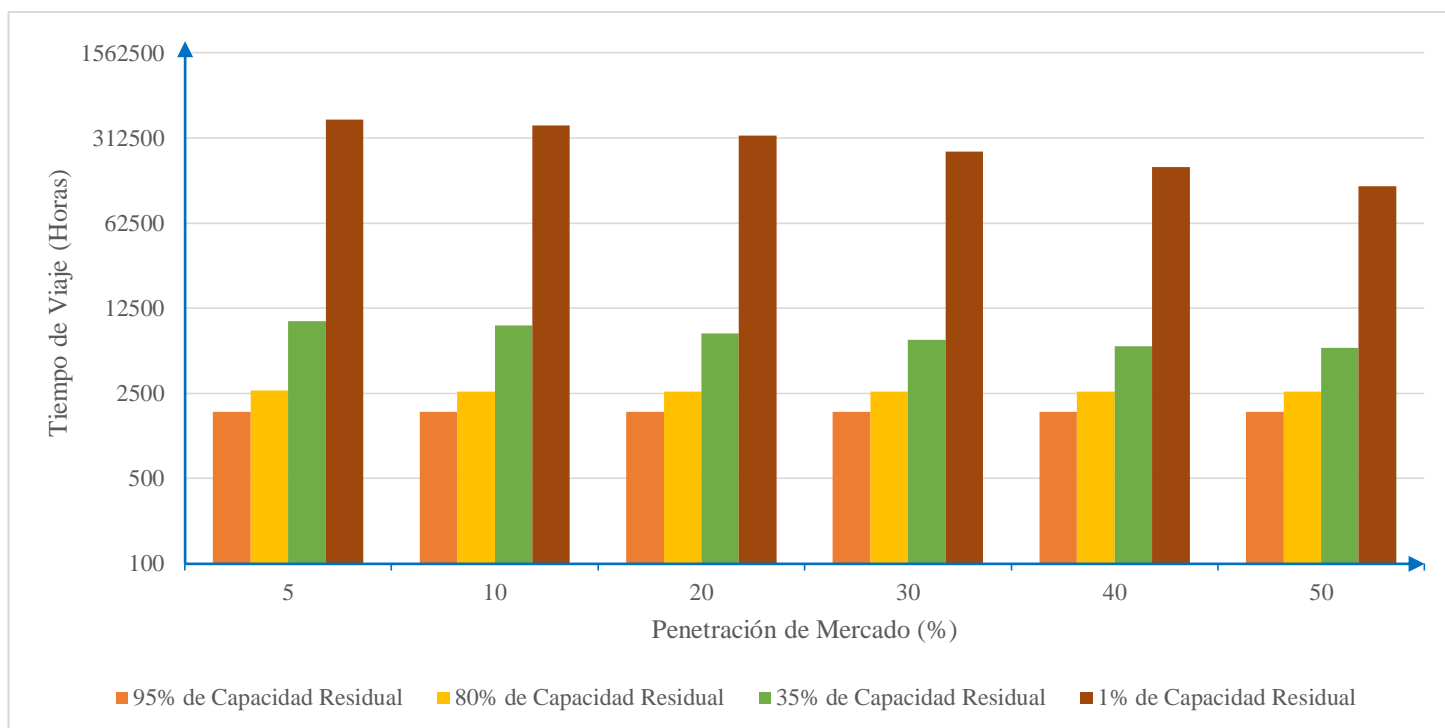
Caso III, 110% demanda
(Fuente: Elaboración propia)

| | | 110% DE DEMANDA | | | | | | | |
|----------|----|---------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------|--------------------------|-----------------|
| | | 95% de Capacidad Residual | | 80% de Capacidad Residual | | 35% de Capacidad Residual | | 1% de Capacidad Residual | |
| | | % de informacion | Tiempo de Viaje | % de informacion | Tiempo de Viaje | % de informacion | Tiempo de Viaje | % de informacion | Tiempo de Viaje |
| Caso I | 5 | | 149 | 5 | 149 | 5 | 1289 | 5 | 113702 |
| | 10 | | 142 | 10 | 142 | 10 | 893 | 10 | 93256 |
| | 20 | | 127 | 20 | 127 | 20 | 528 | 20 | 73808 |
| | 30 | | 112 | 30 | 112 | 30 | 228 | 30 | 56552 |
| | 40 | | 112 | 40 | 112 | 40 | 157 | 40 | 41668 |
| | 50 | | 112 | 50 | 112 | 50 | 157 | 50 | 28998 |
| Caso II | 5 | | 1760 | 5 | 2639 | 5 | 9777 | 5 | 441296 |
| | 10 | | 1760 | 10 | 2590 | 10 | 9066 | 10 | 396106 |
| | 20 | | 1760 | 20 | 2579 | 20 | 7797 | 20 | 327849 |
| | 30 | | 1760 | 30 | 2577 | 30 | 6844 | 30 | 240996 |
| | 40 | | 1760 | 40 | 2577 | 40 | 6105 | 40 | 181102 |
| | 50 | | 1760 | 50 | 2577 | 50 | 5884 | 50 | 125330 |
| Caso III | 5 | | 2082 | 5 | 2631 | 5 | 10064 | 5 | 439698 |
| | 10 | | 2082 | 10 | 2612 | 10 | 8279 | 10 | 394878 |
| | 20 | | 2082 | 20 | 2608 | 20 | 7955 | 20 | 312626 |
| | 30 | | 2082 | 30 | 2607 | 30 | 6999 | 30 | 240225 |
| | 40 | | 2082 | 40 | 2607 | 40 | 6296 | 40 | 177674 |
| | 50 | | 2082 | 50 | 2607 | 50 | 5984 | 50 | 124972 |

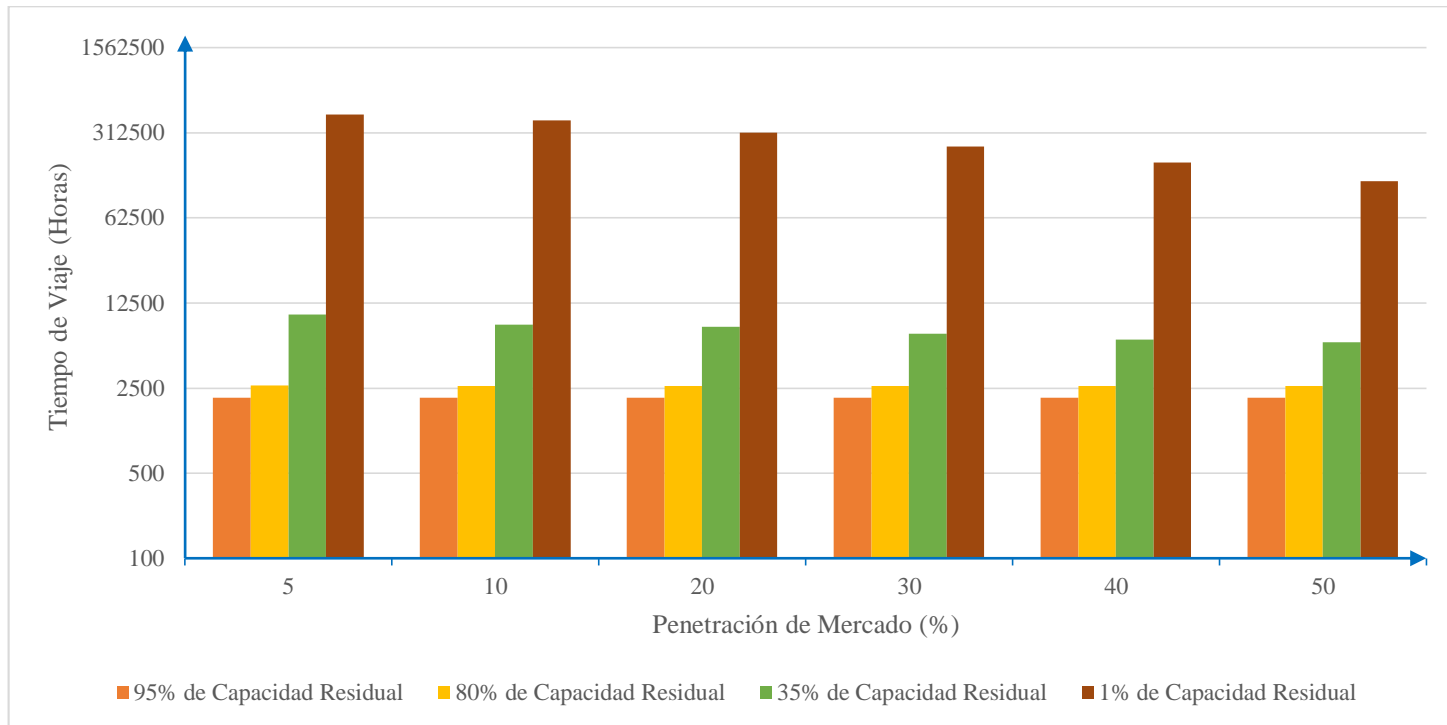
Tiempos de viaje, 110% demanda
(Fuente: Elaboración propia)



Caso I, 110% demanda
(Fuente: Elaboración propia)



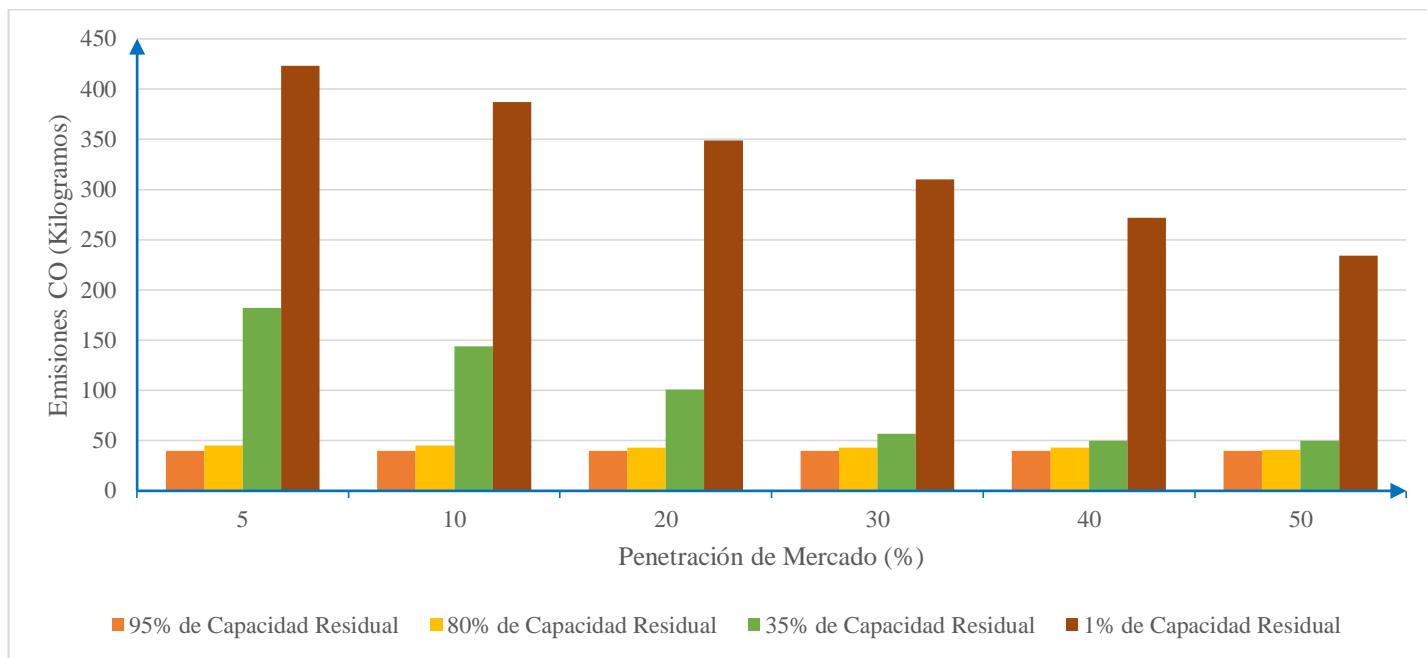
Caso II, 110% demanda
(Fuente: Elaboración propia)



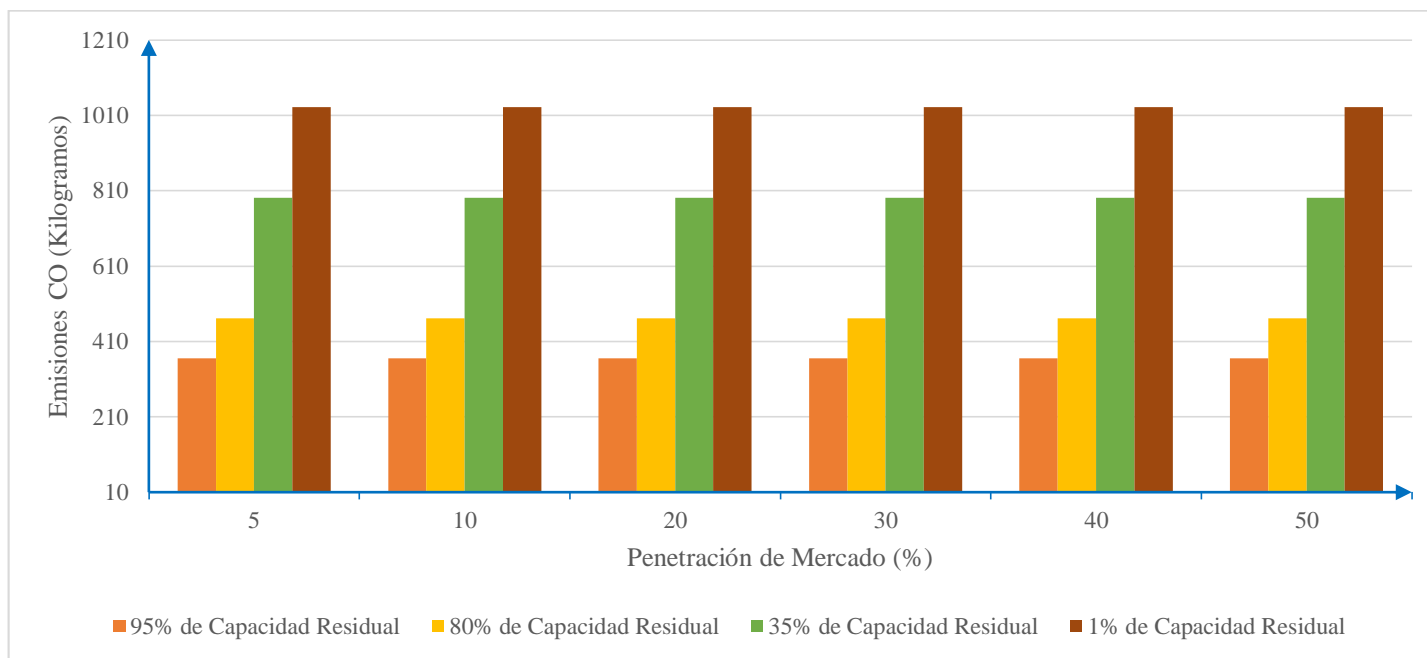
Caso III, 110% demanda
(Fuente: Elaboración propia)

| 110% DE DEMANDA | | | | | | | | |
|-----------------|---------------------------|---------------|---------------------------|---------------|---------------------------|---------------|--------------------------|---------------|
| | 95% de Capacidad Residual | | 80% de Capacidad Residual | | 35% de Capacidad Residual | | 1% de Capacidad Residual | |
| | % de informacion | Emissiones CO | % de informacion | Emissiones CO | % de informacion | Emissiones CO | % de informacion | Emissiones CO |
| Caso I | 5 | 40 | 5 | 45 | 5 | 182 | 5 | 423 |
| | 10 | 40 | 10 | 45 | 10 | 144 | 10 | 387 |
| | 20 | 40 | 20 | 43 | 20 | 101 | 20 | 349 |
| | 30 | 40 | 30 | 43 | 30 | 57 | 30 | 310 |
| | 40 | 40 | 40 | 43 | 40 | 50 | 40 | 272 |
| Caso II | 50 | 40 | 50 | 41 | 50 | 50 | 50 | 234 |
| | 5 | 365 | 5 | 472 | 5 | 791 | 5 | 1032 |
| | 10 | 365 | 10 | 472 | 10 | 791 | 10 | 1032 |
| | 20 | 365 | 20 | 472 | 20 | 791 | 20 | 1032 |
| | 30 | 365 | 30 | 472 | 30 | 791 | 30 | 1032 |
| Caso III | 40 | 365 | 40 | 472 | 40 | 791 | 40 | 1032 |
| | 50 | 365 | 50 | 472 | 50 | 791 | 50 | 1032 |
| | 5 | 437 | 5 | 508 | 5 | 862 | 5 | 1103 |
| | 10 | 437 | 10 | 508 | 10 | 862 | 10 | 1103 |
| | 20 | 437 | 20 | 508 | 20 | 862 | 20 | 1103 |
| Caso III | 30 | 437 | 30 | 508 | 30 | 862 | 30 | 1103 |
| | 40 | 437 | 40 | 508 | 40 | 862 | 40 | 1103 |
| | 50 | 437 | 50 | 508 | 50 | 862 | 50 | 1103 |

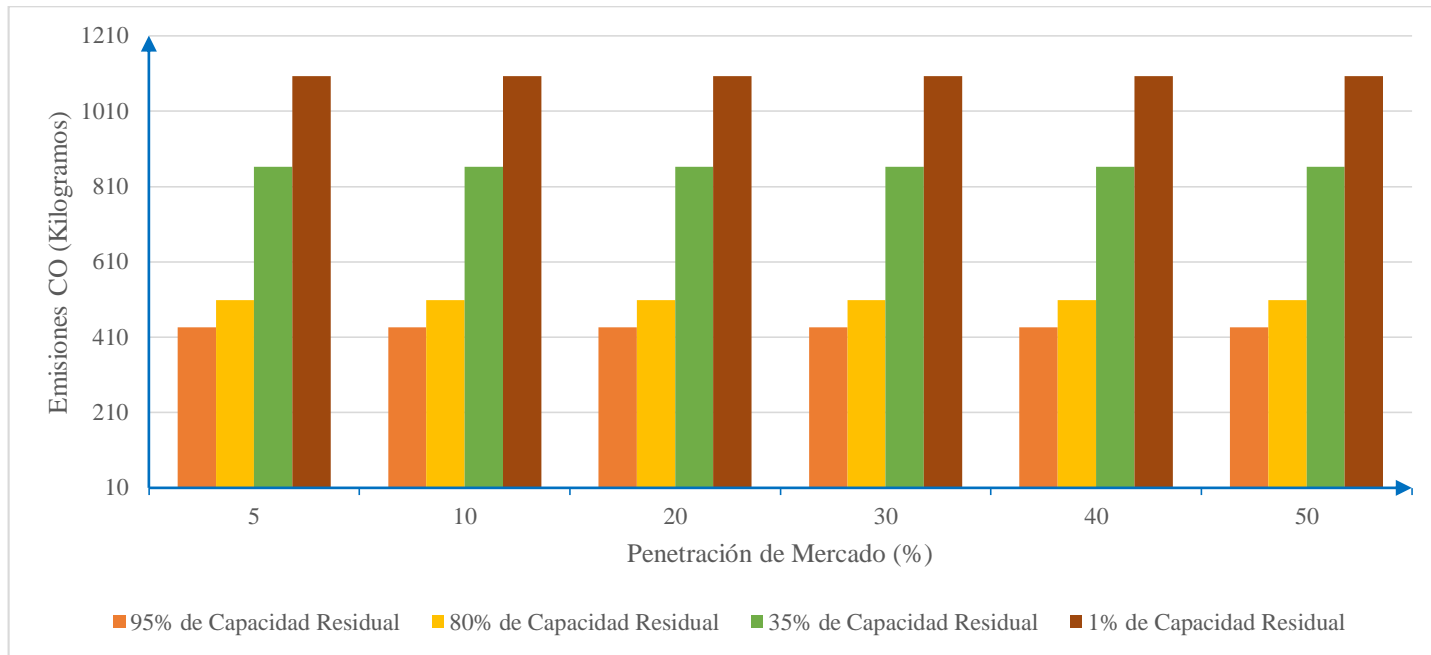
Emissiones CO, 110% demanda
(Fuente: Elaboración propia)



Caso I, 110% demanda
(Fuente: Elaboración propia)



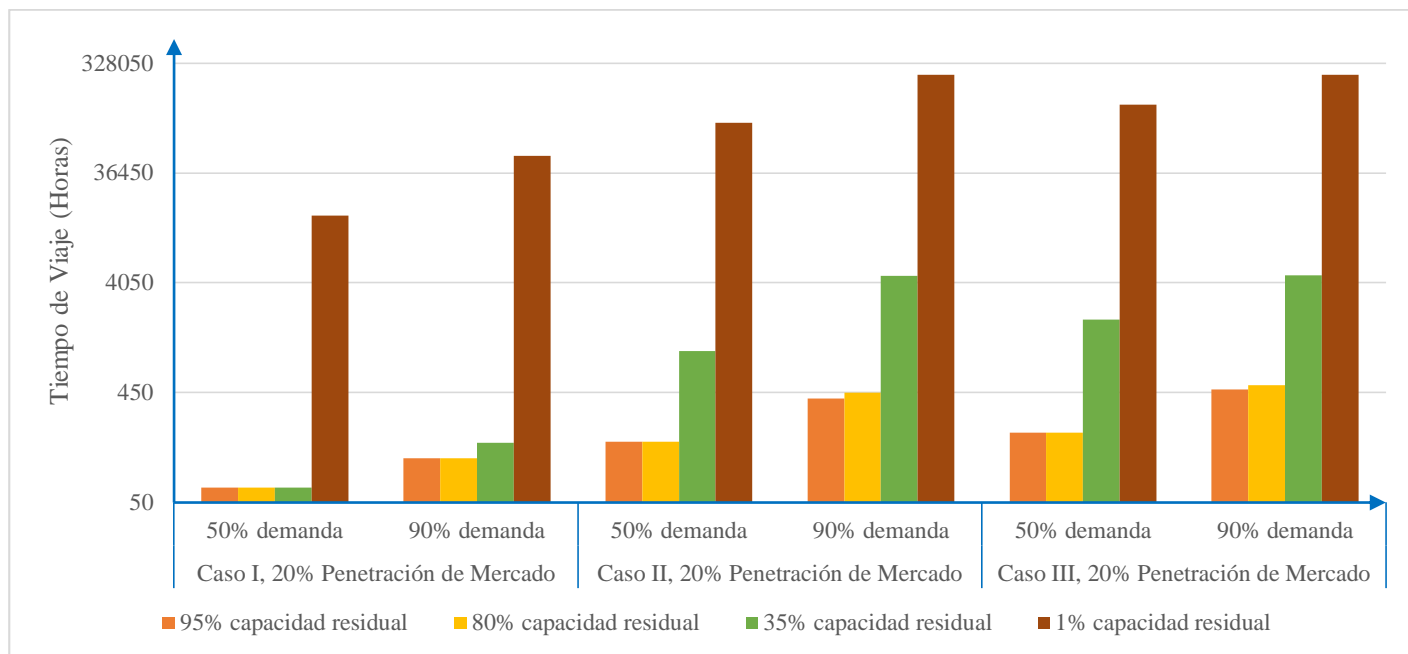
Caso II, 110% demanda
(Fuente: Elaboración propia)



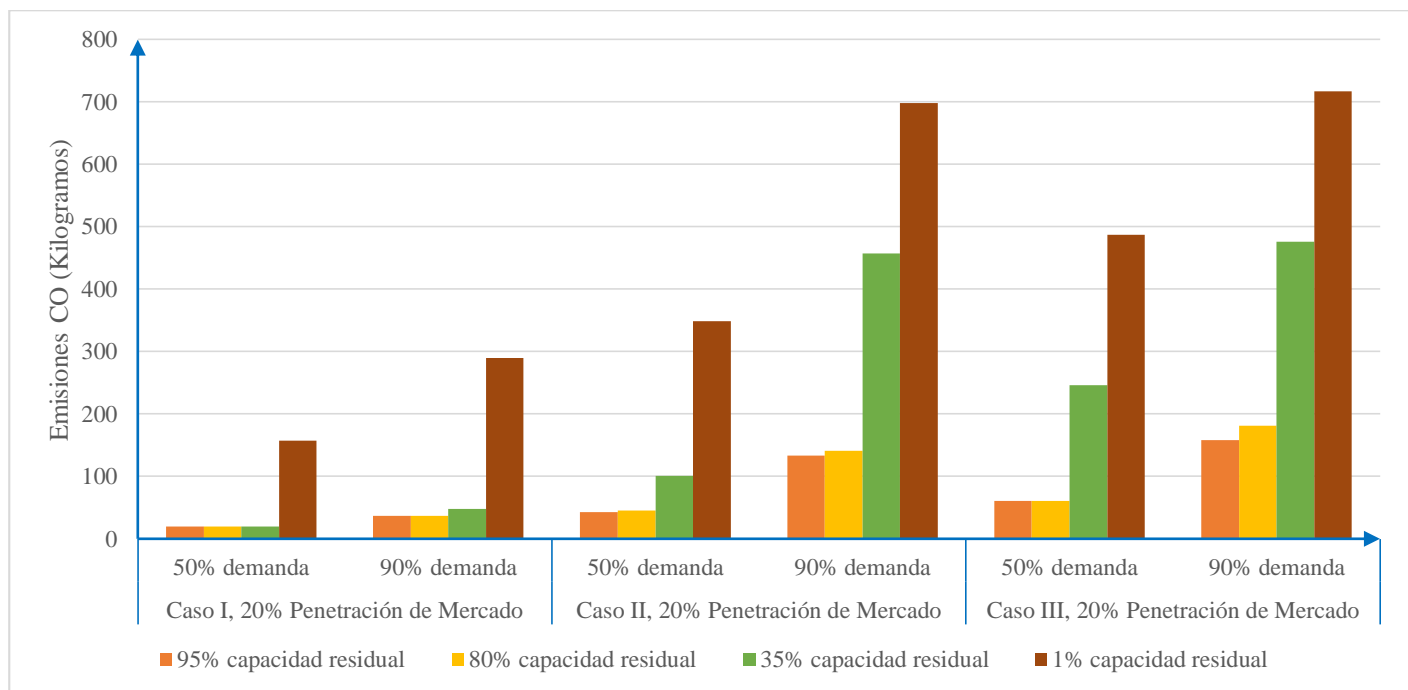
Caso III, 110% demanda
(Fuente: Elaboración propia)

Para el caso del 110% de demanda de las diferentes redes se aprecia que mientras más alternativas de desplazamiento hay en la red y más grande es el tipo de incidente que ocurre, más fueron los cambios en las distintas variables en análisis, es decir el Sistema Inteligente de Transporte es más efectivo.

A continuación se presentan las comparaciones de T.V y emisiones













Comparación T.V para 50% y 90% de Demanda
(Fuente: Elaboración propia)



Comparación Emisiones CO, para 50% y 90% de Demanda
(Fuente: Elaboración propia)

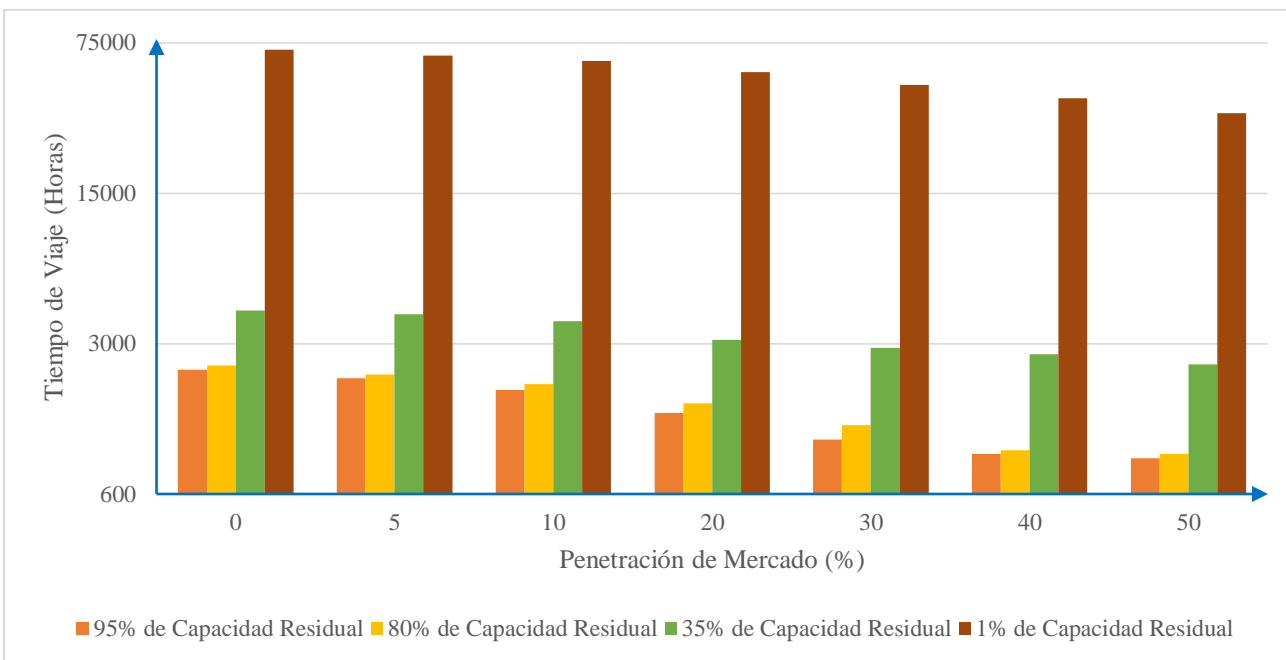
ANEXO C

En este anexo se muestra la plantilla utilizada para realizar el conteo de flujo vehicular y además los resultados obtenidos para el periodo Punta Tarde (PT), en nuestro modelo de los puentes del Gran Concepción

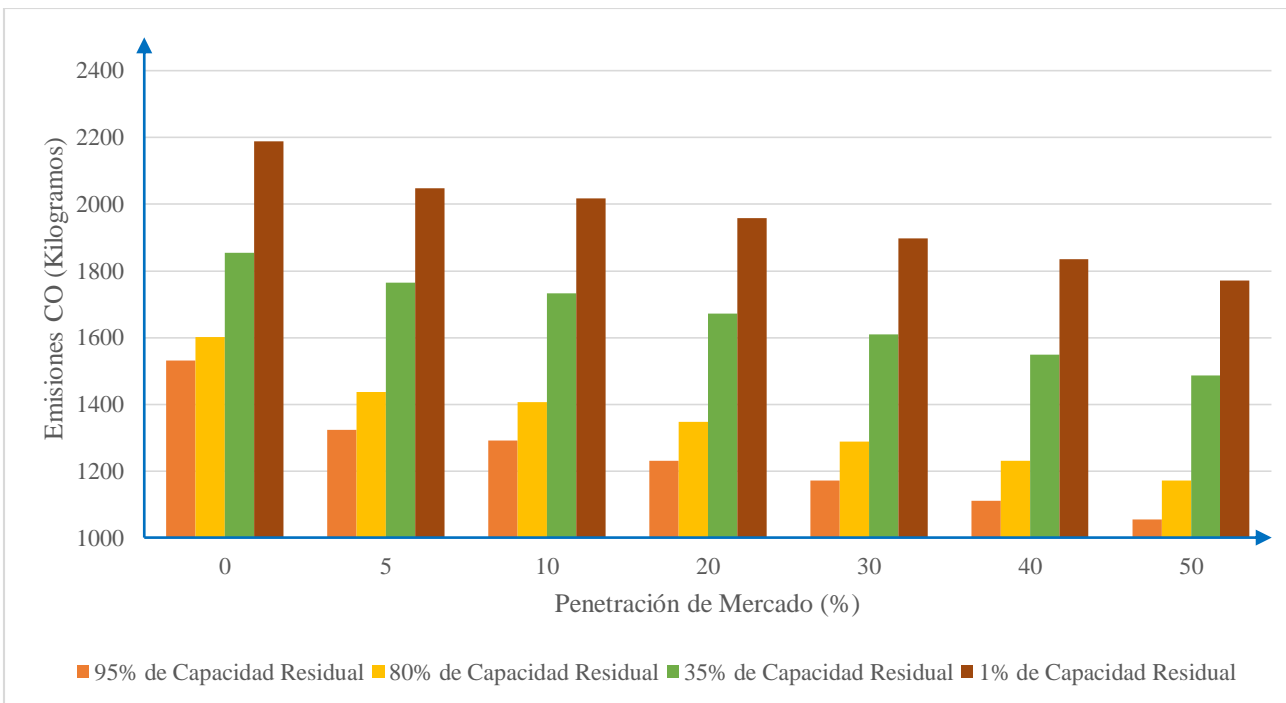
| LETRA MOVIMIENTO : | A | | B | | F | | TOTAL: |
|---|---|--|---|--|---|--|--------|
| AUTOS-FURGONES-JEEPS  | | | | | | | |
| CAMIONETAS  | | | | | | | |
| CAMIONES DE 2 EJES  | | | | | | | |
| CAMIONES MAS DE 2 EJES  | | | | | | | |
| CAMION SEMI REMOLQUE  | | | | | | | |
| CAMIONES REMOLQUES  | | | | | | | |
| LOCOMOCION COLECTIVA  | | | | | | | |
| BICICLETAS-MOTOS  | | | | | | | |
| TRACCION ANIMAL  | | | | | | | |
| OTROS VEHICULOS  | | | | | | | |
| TOTAL: | | | | | | | |

Planilla conteo flujo vehicular

Gráficos PM

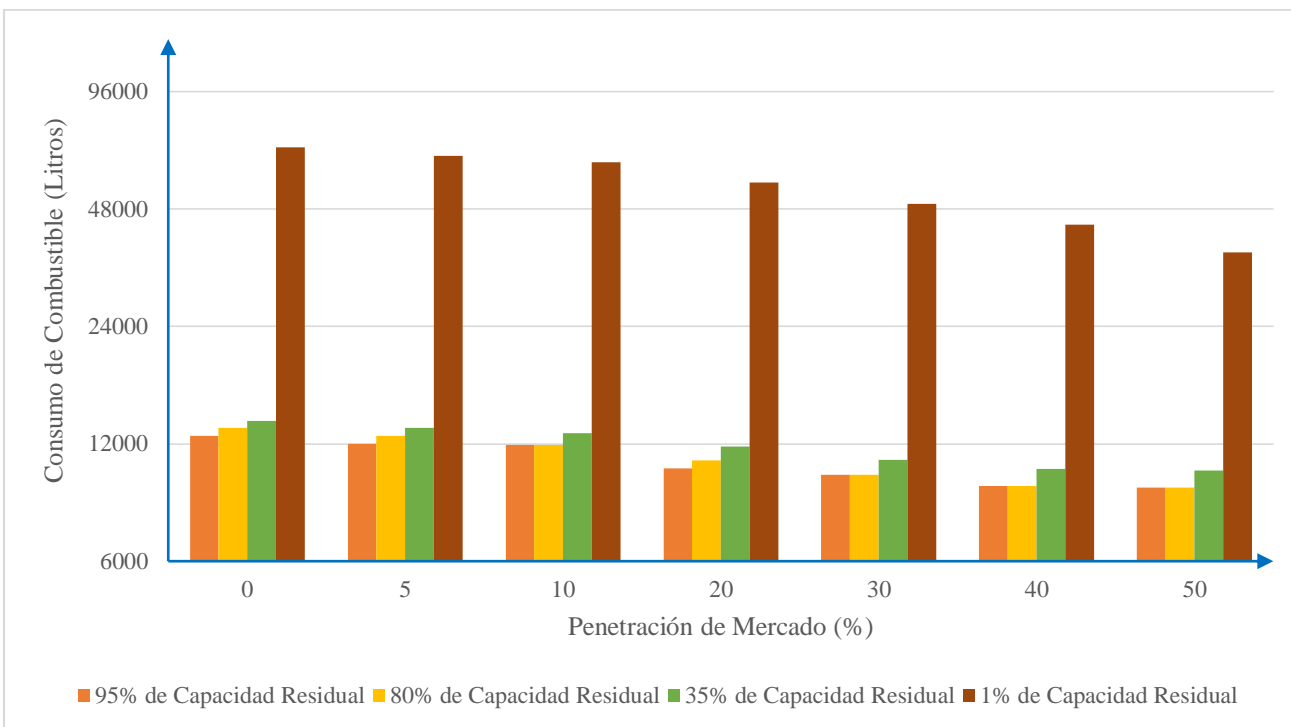


Resultados T.V, PM
(Fuente: Elaboración propia)

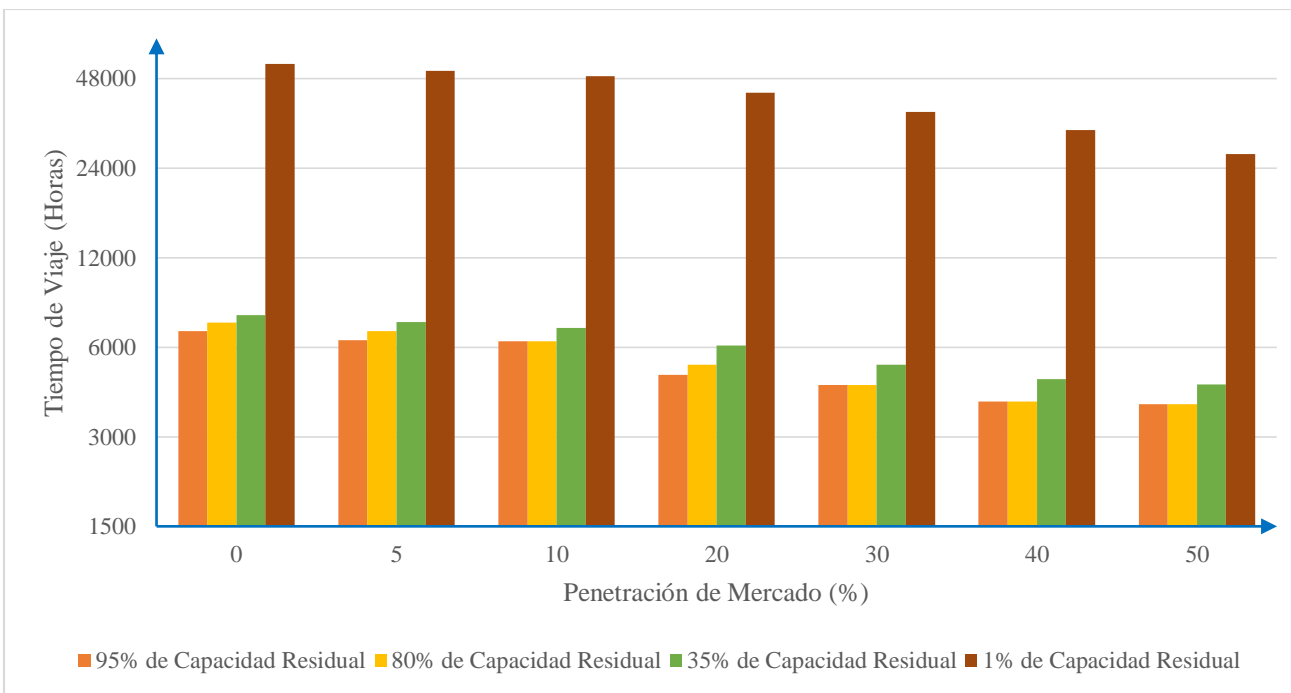


Resultados Emisiones, CO, PM
(Fuente: Elaboración propia)

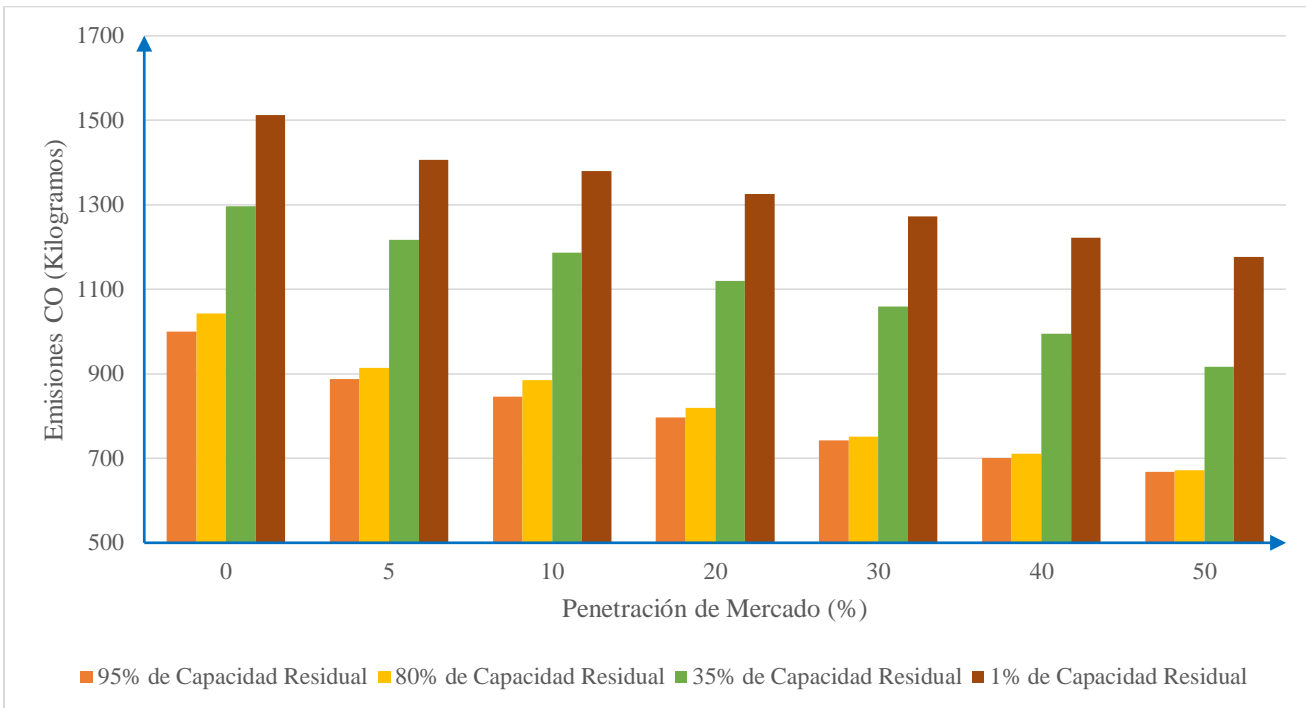
Gráficos PT



Caso Puentes, PT, Consumo Combustible
(Fuente: Elaboración propia)



Caso Puentes, PT, Tiempo de Viaje
(Fuente: Elaboración propia)



Caso Puentes, PT, Emisiones CO.
 (Fuente: Elaboración propia)

En estos gráficos se logra apreciar una tendencia similar a lo que ocurre en PM, es decir una tendencia a la baja de las respectivas variables en análisis a medida que se otorga más información a los usuarios del S.T, las reducciones con mayor relevancia se logran apreciar en los casos que los incidentes son de mayores proporciones.

ANEXO D

En este anexo se presenta el detalle de los cálculos de beneficios de las diferentes alternativas en análisis.

Para este caso se calcularon los beneficios para probabilidades de ocurrencia de 30%, 5.5%.

4% y 0.5%

| 5% de información | | | | | |
|-------------------------------|------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| PT | | 95% capacidad residual | 80% capacidad residual | 35% capacidad residual | 1% capacidad residual |
| VST | 1416 | 634368 | 662688 | 586224 | 4014360 |
| Valor combustible | 497 | 281799 | 295218 | 264404 | 1710674 |
| Total PT | | 916167 | 957906 | 850628 | 5725034 |
| | | | | | |
| PM | | | | | |
| Tiempo | | 274704 | 281784 | 349752 | 6097296 |
| Combustible | | 99897 | 112322 | 305655 | 2566011 |
| Total PM | | 374601 | 394106 | 655407 | 8663307 |
| | | | | | |
| Totales distintas capacidades | | 1290768 | 1352012 | 1506035 | 14388341 |
| Total día | | 593774 | | | |
| Total año | | 118754833 | | | |
| Probabilidad | | 0,3 | 0,055 | 0,04 | 0,005 |
| Días hábiles | 200 | | | | |

Beneficios 5% de información, caso I
(Fuente: Elaboración propia)

| 10% de información | | | | | |
|-------------------------------|------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| PT | | 95% capacidad residual | 80% capacidad residual | 35% capacidad residual | 1% capacidad residual |
| VST | 1416 | 716496 | 1411752 | 1059168 | 7027608 |
| Valor combustible | 497 | 315595 | 620256 | 475629 | 2989455 |
| Total PT | | 1032091 | 2032008 | 1534797 | 10017063 |
| | | | | | |
| PM | | | | | |
| Tiempo | | 620208 | 627288 | 631536 | 11166576 |
| Combustible | | 240548 | 252973 | 619262 | 4694165 |
| Total PM | | 860756 | 880261 | 1250798 | 15860741 |
| | | | | | |
| Totales distintas capacidades | | 1892847 | 2912269 | 2785595 | 25877804 |
| Total día | | 968842 | | | |
| Total año | | 193768343 | | | |
| Probabilidad | | 0,3 | 0,055 | 0,04 | 0,005 |
| días hábiles | 200 | | | | |

Beneficios 10% de información, caso I
(Fuente: Elaboración propia)

| 20% de información | | | | | |
|-------------------------------|------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| PT | | 95% capacidad residual | 80% capacidad residual | 35% capacidad residual | 1% capacidad residual |
| VST | 1416 | 2737128 | 2875896 | 2289672 | 15346608 |
| Valor combustible | 497 | 1083460 | 1145088 | 959210 | 6451060 |
| Total PT | | 3820588 | 4020984 | 3248882 | 21797668 |
| | | | | | |
| PM | | | | | |
| Tiempo | | 1193688 | 1200768 | 1074744 | 21074328 |
| Combustible | | 467180 | 479605 | 1006922 | 8809822 |
| Total PM | | 1660868 | 1680373 | 2081666 | 29884150 |
| | | | | | |
| Totales distintas capacidades | | 5481456 | 5701357 | 5330548 | 51681818 |
| Total día | | 2429642 | | | |
| Total año | | 485928489 | | | |
| Probabilidad | | 0,3 | 0,055 | 0,04 | 0,005 |
| días hábiles | 200 | | | | |

Beneficios 20% de información, caso I
(Fuente: Elaboración propia)

| 30% de información | | | | | |
|-------------------------------|------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| PT | | 95% capacidad residual | 80% capacidad residual | 35% capacidad residual | 1% capacidad residual |
| VST | 1416 | 3256800 | 3952056 | 3503184 | 23712336 |
| Valor combustible | 497 | 1276296 | 1580957 | 1392097 | 9832648 |
| Total PT | | 4533096 | 5533013 | 4895281 | 33544984 |
| | | | | | |
| PM | | | | | |
| Tiempo | | 1690704 | 1697784 | 1425912 | 30805080 |
| Combustible | | 668465 | 680890 | 1073023 | 12769421 |
| Total PM | | 2359169 | 2378674 | 2498935 | 43574501 |
| | | | | | |
| Totales distintas capacidades | | 6892265 | 7911687 | 7394216 | 77119485 |
| Total día | | 3184188 | | | |
| Total año | | 636837670 | | | |
| Probabilidad | | 0,3 | 0,055 | 0,04 | 0,005 |
| días hábiles | 200 | | | | |

Beneficios 30% de información, caso I
(Fuente: Elaboración propia)

| 40% de información | | | | | |
|-------------------------------|------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| PT | | 95% capacidad residual | 80% capacidad residual | 35% capacidad residual | 1% capacidad residual |
| VST | 1416 | 4041264 | 4736520 | 4269240 | 30642240 |
| Valor combustible | 497 | 1594873 | 1899534 | 1673896 | 12675488 |
| Total PT | | 5636137 | 6636054 | 5943136 | 43317728 |
| | | | | | |
| PM | | | | | |
| Tiempo | | 1910184 | 1862040 | 1699200 | 39928368 |
| Combustible | | 756931 | 744009 | 1405516 | 16546621 |
| Total PM | | 2667115 | 2606049 | 3104716 | 56474989 |
| | | | | | |
| Totales distintas capacidades | | 8303252 | 9242103 | 9047852 | 99792717 |
| Total día | | 3860169 | | | |
| Total año | | 772033786 | | | |
| Probabilidad | | 0,3 | 0,055 | 0,04 | 0,005 |
| días hábiles | 200 | | | | |

Beneficios 40% de información, caso I
(Fuente: Elaboración propia)

| 50% de información | | | | | |
|-------------------------------|------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| PT | | 95% capacidad residual | 80% capacidad residual | 35% capacidad residual | 1% capacidad residual |
| VST | 1416 | 4138968 | 4834224 | 4541112 | 38442984 |
| Valor combustible | 497 | 1634633 | 1939294 | 1731051 | 15906485 |
| Total PT | | 5773601 | 6773518 | 6272163 | 54349469 |
| | | | | | |
| PM | | | | | |
| Tiempo | | 1969656 | 1918680 | 1692120 | 48471096 |
| Combustible | | 780787 | 733572 | 1650040 | 20095698 |
| Total PM | | 2750443 | 2652252 | 3342160 | 68566794 |
| | | | | | |
| Totales distintas capacidades | | 8524044 | 9425770 | 9614323 | 122916263 |
| Total día | | 4074785 | | | |
| Total año | | 814956957 | | | |
| Probabilidad | | 0,3 | 0,055 | 0,04 | 0,005 |
| días hábiles | 200 | | | | |

Beneficios 50% de información, caso I
(Fuente: Elaboración propia)

Para el caso siguiente se calcularon los beneficios para probabilidades de ocurrencia de 30%, 5.5%. 4% y 0.5%

| 5% de información | | | | | |
|-------------------------------|------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| PT | | 95% capacidad residual | 80% capacidad residual | 35% capacidad residual | 1% capacidad residual |
| VST | 1416 | 634368 | 662688 | 586224 | 4014360 |
| Valor combustible | 497 | 281799 | 295218 | 264404 | 1710674 |
| Total PT | | 916167 | 957906 | 850628 | 5725034 |
| | | | | | |
| PM | | | | | |
| Tiempo | | 274704 | 281784 | 349752 | 6097296 |
| Combustible | | 99897 | 112322 | 305655 | 2566011 |
| Total PM | | 374601 | 394106 | 655407 | 8663307 |
| | | | | | |
| Totales distintas capacidades | | 1290768 | 1352012 | 1506035 | 14388341 |
| Total día | | 793922 | | | |
| Total año | | 158784306 | | | |
| Probabilidad | | 0,25 | 0,08 | 0,05 | 0,02 |
| días hábiles | 200 | | | | |

Beneficios 5% de información, caso II
(Fuente: Elaboración propia)

| 10% de información | | | | | |
|-------------------------------|------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| PT | | 95% capacidad residual | 80% capacidad residual | 35% capacidad residual | 1% capacidad residual |
| VST | 1416 | 716496 | 1411752 | 1059168 | 7027608 |
| Valor combustible | 497 | 315595 | 620256 | 475629 | 2989455 |
| Total PT | | 1032091 | 2032008 | 1534797 | 10017063 |
| | | | | | |
| PM | | | | | |
| Tiempo | | 620208 | 627288 | 631536 | 11166576 |
| Combustible | | 240548 | 252973 | 619262 | 4694165 |
| Total PM | | 860756 | 880261 | 1250798 | 15860741 |
| | | | | | |
| Totales distintas capacidades | | 1892847 | 2912269 | 2785595 | 25877804 |
| Total día | | 1363029 | | | |
| Total año | | 272605820 | | | |
| Probabilidad | | 0,25 | 0,08 | 0,05 | 0,02 |
| días hábiles | 200 | | | | |

Beneficios 10% de información, caso II
(Fuente: Elaboración propia)

| 20% de información | | | | | |
|-------------------------------|------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| PT | | 95% capacidad residual | 80% capacidad residual | 35% capacidad residual | 1% capacidad residual |
| VST | 1416 | 2737128 | 2875896 | 2289672 | 15346608 |
| Valor combustible | 497 | 1083460 | 1145088 | 959210 | 6451060 |
| Total PT | | 3820588 | 4020984 | 3248882 | 21797668 |
| | | | | | |
| PM | | | | | |
| Tiempo | | 1193688 | 1200768 | 1074744 | 21074328 |
| Combustible | | 467180 | 479605 | 1006922 | 8809822 |
| Total PM | | 1660868 | 1680373 | 2081666 | 29884150 |
| | | | | | |
| Totales distintas capacidades | | 5481456 | 5701357 | 5330548 | 51681818 |
| Total día | | 3126636 | | | |
| Total año | | 625327264 | | | |
| Probabilidad | | 0,25 | 0,08 | 0,05 | 0,02 |
| días hábiles | 200 | | | | |

Beneficios 20% de información, caso II
(Fuente: Elaboración propia)

| 30% de información | | | | | |
|-------------------------------|------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| PT | | 95% capacidad residual | 80% capacidad residual | 35% capacidad residual | 1% capacidad residual |
| VST | 1416 | 3256800 | 3952056 | 3503184 | 23712336 |
| Valor combustible | 497 | 1276296 | 1580957 | 1392097 | 9832648 |
| Total PT | | 4533096 | 5533013 | 4895281 | 33544984 |
| | | | | | |
| PM | | | | | |
| Tiempo | | 1690704 | 1697784 | 1425912 | 30805080 |
| Combustible | | 668465 | 680890 | 1073023 | 12769421 |
| Total PM | | 2359169 | 2378674 | 2498935 | 43574501 |
| | | | | | |
| Totales distintas capacidades | | 6892265 | 7911687 | 7394216 | 77119485 |
| Total día | | 4268102 | | | |
| Total año | | 853620342 | | | |
| Probabilidad | | 0,25 | 0,08 | 0,05 | 0,02 |
| días hábiles | 200 | | | | |

Beneficios 30% de información, caso II
(Fuente: Elaboración propia)

| 40% de información | | | | | |
|-------------------------------|------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| PT | | 95% capacidad residual | 80% capacidad residual | 35% capacidad residual | 1% capacidad residual |
| VST | 1416 | 4041264 | 4736520 | 4269240 | 30642240 |
| Valor combustible | 497 | 1594873 | 1899534 | 1673896 | 12675488 |
| Total PT | | 5636137 | 6636054 | 5943136 | 43317728 |
| | | | | | |
| PM | | | | | |
| Tiempo | | 1910184 | 1862040 | 1699200 | 39928368 |
| Combustible | | 756931 | 744009 | 1405516 | 16546621 |
| Total PM | | 2667115 | 2606049 | 3104716 | 56474989 |
| | | | | | |
| Totales distintas capacidades | | 8303252 | 9242103 | 9047852 | 99792717 |
| Total día | | 5263428 | | | |
| Total año | | 1052685636 | | | |
| Probabilidad | | 0,25 | 0,08 | 0,05 | 0,02 |
| días hábiles | 200 | | | | |

Beneficios 40% de información, caso II
(Fuente: Elaboración propia)

| 50% de información | | | | | |
|-------------------------------|------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| PT | | 95% capacidad residual | 80% capacidad residual | 35% capacidad residual | 1% capacidad residual |
| VST | 1416 | 4138968 | 4834224 | 4541112 | 38442984 |
| Valor combustible | 497 | 1634633 | 1939294 | 1731051 | 15906485 |
| Total PT | | 5773601 | 6773518 | 6272163 | 54349469 |
| | | | | | |
| PM | | | | | |
| Tiempo | | 1969656 | 1918680 | 1692120 | 48471096 |
| Combustible | | 780787 | 733572 | 1650040 | 20095698 |
| Total PM | | 2750443 | 2652252 | 3342160 | 68566794 |
| | | | | | |
| Totales distintas capacidades | | 8524044 | 9425770 | 9614323 | 122916263 |
| Total día | | 5824114 | | | |
| Total año | | 1164822802 | | | |
| Probabilidad | | 0,25 | 0,08 | 0,05 | 0,02 |
| días hábiles | 200 | | | | |

Beneficios 50% de información, caso II
(Fuente: Elaboración propia)

Para este último caso se calcularon los beneficios para probabilidades de ocurrencia de 20%, 3%. 1.5% y 0.5%

| 5% de información | | | | | |
|-------------------------------|------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| PT | | 95% capacidad residual | 80% capacidad residual | 35% capacidad residual | 1% capacidad residual |
| VST | 1416 | 634368 | 662688 | 586224 | 4014360 |
| Valor combustible | 497 | 281799 | 295218 | 264404 | 1710674 |
| Total PT | | 916167 | 957906 | 850628 | 5725034 |
| | | | | | |
| PM | | | | | |
| Tiempo | | 274704 | 281784 | 349752 | 6097296 |
| Combustible | | 99897 | 112322 | 305655 | 2566011 |
| Total PM | | 374601 | 394106 | 655407 | 8663307 |
| | | | | | |
| Totales distintas capacidades | | 1290768 | 1352012 | 1506035 | 14388341 |
| Total día | | 393246 | | | |
| Total año | | 78649238 | | | |
| Probabilidad | | 0,2 | 0,03 | 0,015 | 0,005 |
| días hábiles | 200 | | | | |

Beneficios 5% de información, caso III
(Fuente: Elaboración propia)

| 10% de información | | | | | |
|-------------------------------|------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| PT | | 95% capacidad residual | 80% capacidad residual | 35% capacidad residual | 1% capacidad residual |
| VST | 1416 | 716496 | 1411752 | 1059168 | 7027608 |
| Valor combustible | 497 | 315595 | 620256 | 475629 | 2989455 |
| Total PT | | 1032091 | 2032008 | 1534797 | 10017063 |
| | | | | | |
| PM | | | | | |
| Tiempo | | 620208 | 627288 | 631536 | 11166576 |
| Combustible | | 240548 | 252973 | 619262 | 4694165 |
| Total PM | | 860756 | 880261 | 1250798 | 15860741 |
| | | | | | |
| Totales distintas capacidades | | 1892847 | 2912269 | 2785595 | 25877804 |
| Total día | | 637110 | | | |
| Total año | | 127422083 | | | |
| Probabilidad | | 0,2 | 0,03 | 0,015 | 0,005 |
| días hábiles | 200 | | | | |

Beneficios 10% de información, caso III
(Fuente: Elaboración propia)

| 20% de información | | | | | |
|-------------------------------|------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| PT | | 95% capacidad residual | 80% capacidad residual | 35% capacidad residual | 1% capacidad residual |
| VST | 1416 | 2737128 | 2875896 | 2289672 | 15346608 |
| Valor combustible | 497 | 1083460 | 1145088 | 959210 | 6451060 |
| Total PT | | 3820588 | 4020984 | 3248882 | 21797668 |
| | | | | | |
| PM | | | | | |
| Tiempo | | 1193688 | 1200768 | 1074744 | 21074328 |
| Combustible | | 467180 | 479605 | 1006922 | 8809822 |
| Total PM | | 1660868 | 1680373 | 2081666 | 29884150 |
| | | | | | |
| Totales distintas capacidades | | 5481456 | 5701357 | 5330548 | 51681818 |
| Total día | | 1605699 | | | |
| Total año | | 321139844 | | | |
| Probabilidad | | 0,2 | 0,03 | 0,015 | 0,005 |
| días hábiles | 200 | | | | |

Beneficios 20% de información, caso III
(Fuente: Elaboración propia)

| 30% de información | | | | | |
|-------------------------------|------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| PT | | 95% capacidad residual | 80% capacidad residual | 35% capacidad residual | 1% capacidad residual |
| VST | 1416 | 3256800 | 3952056 | 3503184 | 23712336 |
| Valor combustible | 497 | 1276296 | 1580957 | 1392097 | 9832648 |
| Total PT | | 4533096 | 5533013 | 4895281 | 33544984 |
| | | | | | |
| PM | | | | | |
| Tiempo | | 1690704 | 1697784 | 1425912 | 30805080 |
| Combustible | | 668465 | 680890 | 1073023 | 12769421 |
| Total PM | | 2359169 | 2378674 | 2498935 | 43574501 |
| | | | | | |
| Totales distintas capacidades | | 6892265 | 7911687 | 7394216 | 77119485 |
| Total día | | 2112314 | | | |
| Total año | | 422462855 | | | |
| Probabilidad | | 0,2 | 0,03 | 0,015 | 0,005 |
| días hábiles | 200 | | | | |

Beneficios 30% de información, caso III
(Fuente: Elaboración propia)

| 40% de información | | | | | |
|-------------------------------|------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| PT | | 95% capacidad residual | 80% capacidad residual | 35% capacidad residual | 1% capacidad residual |
| VST | 1416 | 4041264 | 4736520 | 4269240 | 30642240 |
| Valor combustible | 497 | 1594873 | 1899534 | 1673896 | 12675488 |
| Total PT | | 5636137 | 6636054 | 5943136 | 43317728 |
| | | | | | |
| PM | | | | | |
| Tiempo | | 1910184 | 1862040 | 1699200 | 39928368 |
| Combustible | | 756931 | 744009 | 1405516 | 16546621 |
| Total PM | | 2667115 | 2606049 | 3104716 | 56474989 |
| | | | | | |
| Totales distintas capacidades | | 8303252 | 9242103 | 9047852 | 99792717 |
| Total día | | 2572595 | | | |
| Total año | | 514518971 | | | |
| Probabilidad | | 0,2 | 0,03 | 0,015 | 0,005 |
| días hábiles | 200 | | | | |

Beneficios 40% de información, caso III
(Fuente: Elaboración propia)

| 50% de información | | | | | |
|-------------------------------|------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------|
| | | 95% capacidad residual | 80% capacidad residual | 35% capacidad residual | 1% capacidad residual |
| PT | | | | | |
| VST | 1416 | 4138968 | 4834224 | 4541112 | 38442984 |
| Valor combustible | 497 | 1634633 | 1939294 | 1731051 | 15906485 |
| Total PT | | 5773601 | 6773518 | 6272163 | 54349469 |
| | | | | | |
| PM | | | | | |
| Tiempo | | 1969656 | 1918680 | 1692120 | 48471096 |
| Combustible | | 780787 | 733572 | 1650040 | 20095698 |
| Total PM | | 2750443 | 2652252 | 3342160 | 68566794 |
| | | | | | |
| Totales distintas capacidades | | 8524044 | 9425770 | 9614323 | 122916263 |
| Total día | | 2746378 | | | |
| Total año | | 549275612 | | | |
| Probabilidad | | 0,2 | 0,03 | 0,015 | 0,005 |
| días hábiles | 200 | | | | |

Beneficios 50% de información, caso III
(Fuente: Elaboración propia)